ANALYZING GRADE 9 STUDENTS' UNDERSTANDING OF GAS BEHAVIOR USING STATIC AND DYNAMIC VISUALIZATIONS IN MULTI-REPRESENTATIONAL INSTRUCTION

by

Ayşe Nur Çelikkol Kiper

B.S., Integrated B.S. and M.S. Program in Teaching Chemistry, Boğaziçi University, 2014

Submitted to the Institute for Graduate Studies in

Science and Engineering in partial fulfillment

of the requirements for the degree of

Master of Science

Graduate Program in Secondary School Science and Mathematics Education

Boğaziçi University

2025

ACKNOWLEDGEMENTS

First and foremost, I would like to express my deepest gratitude to Prof. Sevil Akaygün and Prof. Filiz Kabapınar, for their invaluable guidance and encouragement throughout this entire process. Their insightful feedback, unwavering support, and belief in my work have been instrumental in shaping this thesis.

To my friends, colleagues, and family, especially my mother Emine and my husband Kemal, thank you for the many conversations, shared frustrations, and motivating words that helped keep me moving forward, particularly during the most challenging moments.

My most heartfelt thanks go to my thesis supervisor, Prof. Emine Adadan. Her patience - stretching seemingly into eternity - her constant motivation, and her unwavering belief in me made the completion of this thesis possible. I want to emphasize this gratitude as clearly and strongly as words will allow. She has consistently gone above and beyond the role of an advisor, offering sincere guidance, genuine care, and deep respect for both the process and the people in it. It has been a privilege to work with such a role model, and I consider myself incredibly fortunate for the opportunity.

ABSTRACT

ANALYZING GRADE 9 STUDENTS' UNDERSTANDING OF GAS BEHAVIOR USING STATIC AND DYNAMIC VISUALIZATIONS IN MULTI-REPRESENTATIONAL INSTRUCTION

In this study, students' alternative conceptions related to gas behavior and the effects of two instructional interventions - namely inquiry instruction with static particulate representations (ISR) and inquiry instruction with dynamic particulate representations (IDR) - on students' conceptual understanding of gas behavior were examined. The research was conducted in two Grade 9 classes at a public high school located in Istanbul, including a total of 64 students, with 30 students in the ISR group and 34 students in the IDR group. The researcher co-taught both classes alongside their regular classroom teachers, ensuring that all students experienced the same instructional activities in an identical sequence and level of depth; the only distinction lay in the mode of representations provided - static for the ISR group and dynamic for the IDR group. Data were collected through the Two-Tier Gases Concept Test (TGCT) and interviews. The data were thoroughly coded and analyzed using both qualitative and quantitative methods. Based on the data analysis, seven categories of conceptual understanding of gas behavior were identified. The results showed that both groups held alternative conceptions before the instruction, and while the frequency of these conceptions changed following the intervention, some persisted. The sign test results indicated that students in both the ISR and IDR groups demonstrated a statistically significant improvement in their types of conceptual understanding from pretest to posttest ($p < .001$). However, the IDR group exhibited more substantial gains compared to the ISR group. Similarly, the independent samples *t*-test revealed that the IDR group achieved significantly greater progress than the ISR group, $t(62) = -2.35$, $p < .022$, suggesting that the inclusion of dynamic visualizations may enhance students' conceptual understanding of gas behavior more effectively than static representations.

ÖZET

9. SINIF ÖĞRENCİLERİNİN, STATİK VEYA DİNAMİK ÇOKLU GÖSTERİMLERLE DESTEKLENEN ÖĞRENME ORTAMLARINDA GAZ DAVRANIŞINA İLİŞKİN ANLAMALARININ İNCELENMESİ

Bu çalışmada, öğrencilerin gaz davranışına ilişkin alternatif kavramları ile statik görsellerle desteklenmiş araştırmaya dayalı çoklu gösterim öğretimiyle (ISR), dinamik görsellerle desteklenmiş araştırmaya dayalı çoklu gösterim öğretimi (IDR) olarak tanımlanan iki farklı öğretim yönteminin, öğrencilerin gaz davranışına ilişkin kavramsal anlayışları üzerindeki etkileri incelenmiştir. Araştırma, İstanbul'daki bir devlet okulunun 9. sınıflarında öğrenim gören toplam 64 öğrencinin yer aldığı iki sınıfta gerçekleştirilmiştir. Bu iki sınıftan 30 öğrenci ISR grubunu, 34 öğrenci ise IDR grubunu oluşturmuştur. Araştırmacı, sınıfların her ikisinde de ders öğretmenleriyle birlikte öğretimi ortak yürütmüş; bu sayede tüm öğrenciler, aynı etkinlikleri aynı sıra ve derinlikte deneyimlemiştir. İki grup arasındaki tek fark ise ISR grubuna statik gösterim sunulurken, IDR grubuna dinamik gösterimlerin sunulması olmuştur. Veriler, İki Basamaklı Gazlar Kavram Testi (TGCT) ile görüşmeler aracılığıyla toplanmıştır. Toplanan veriler, nitel ve nicel yöntemler kullanılarak ayrıntılı bir şekilde kodlanmış ve analiz edilmiştir. Belirlenen alternatif kavramlar da değerlendirilerek, gaz davranışına yönelik kavramsal anlayış için yedi kategori oluşturulmuştur. Sonuçlar, her iki grubun da öğretim öncesinde alternatif kavramlara sahip olduğunu ve öğretim sonrasında bu kavramların sıklığında değişiklikler gözlemlense de bazılarının kalıcılığını sürdürdüğünü ortaya koymuştur. İşaret testi sonuçları hem ISR hem de IDR gruplarındaki öğrencilerin kavramsal anlama türlerinde ön testten son teste istatistiksel olarak anlamlı bir gelişme gösterdiğini ortaya koymuştur (p <.001). Ayrıca, IDR grubunun ISR grubuna kıyasla daha fazla ilerleme elde ettiği gözlemlenmiştir. Benzer şekilde, bağımsız örneklemler için yapılan t-test, IDR grubunun ISR grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha fazla ilerleme kaydettiğini göstermiştir, t (62) = -2.35, p <.022. Bu sonuçlar dinamik görselleştirmelerin, gaz davranışının kavramsal olarak anlaşılmasını statik gösterimlerden daha etkili bir şekilde destekleyebileceğini önermektedir.

TABLE OF CONTENTS

ACKNOWLEDGEMENTS iii

ABSTRACT iv

ÖZET v

LIST OF TABLES viii

LIST OF ACYRONYMS / ABBREVIATIONS xii

1. INTRODUCTION 1

1.1 Gas Behavior in National Curriculum 2

1.2 Significance of the study 3

1.3 Purpose of the study 4

1.4 Research Questions 5

2. LITERATURE REVIEW 6

2.1 Students' Understanding of Gas Behavior 9

2.2 Multiple-Representations in Chemistry 11

2.2.1 Static and Dynamic Representations in Chemistry Education 12

2.3 Cognitive Load Theory and Multiple-Representations in Chemistry Education 15

3. METHODOLOGY 17

3.1 Research Design 18

3.2 Participants of the Study 19

3.3 The Framework for Instructions 20

3.4 Data collection 26

3.5 Data Analysis 28

3.6 Validity and Reliability 33

3.6.1 Validity and Reliability of Two-Tier Gases Concept Test (TGCT) 33

3.6.2 Intercoder Agreements and Reliability 34

3.6.3 Intra-coder Agreements and Reliability 34

3.6.4 Avoiding Researcher's Bias 35

3.6.5 Ethical Issues 36

4. FINDINGS 37

4.1 Types of Conceptual Understandings 37

5. DISCUSSION 90

5.1 Implications 97

5.2 Limitations of the Study and Suggestions for Future Research 97

REFERENCES 99

APPENDIX A: TWO-TIER GASES CONCEPT TEST 116

APPENDIX B: RUBRIC FOR THE TGCT 120

APPENDIX C: PERMISSION LETTERS 122

APPENDIX D: LESSON PLANS AND ACTIVITY SHEETS 125

LIST OF FIGURES

Figure 4.1. Sample responses from an ISR group student to the pretest. 39

Figure 4.2. Sample responses from an ISR group student to the posttest..... 41

Figure 4.3. Sample responses from another ISR group student to the pretest. 45

Figure 4.4. Sample responses from another ISR group student to the posttest. 47

Figure 4.5. Sample responses from an IDR group student to the pretest. 54

Figure 4.6. Sample responses from an IDR group student to the posttest. 58

Figure 4.7. Sample responses from another IDR group student to the Pretest. 61

Figure 4.8. Sample responses from another IDR group student to the postest. 64

Figure 4.9. Sample alternative conception examples from ISR group students. 73

Figure 4.10. Sample alternative conception examples from IDR group students. 80

Figure C.1. Permission letter received from Istanbul Provincial Directorate of National Education. 123

Figure D.1. Lesson plan 1 and activity sheets. 125

Figure D.2. Lesson plan 2 and activity sheets. 130

Figure D.3. Lesson plans 3 and activity sheets. 133

Figure D.4. Static group lesson 3’s presentation slides. 145

Figure D.5. Lesson plans 4 and activity sheets. 149

Figure D.6.Static group lesson 4's presentation slides. 161

Figure D.7. Lesson plans 5 and activity sheets. 164

Figure D.8. Static group lesson 5's presentation slides. 178

Figure D.9. Lesson plans 6 and activity sheets. 182

Figure D.10. Static group lesson 6's presentation slides. 198

Figure D.11. Lesson plans 7 and activity sheets. 203

Figure D.12. Static group lesson 7's presentation slides. 219

Figure D.13. Lesson plans 8 and activity sheets. 223

Figure D.14. Static group lesson 8's presentation slides. 239

LIST OF TABLES

Table 3.1. Design of the study. 18

Table 3.2. Demographics for the ISR and IDR groups. 20

Table 3.3. Instructional strategies implemented in IDR and ISR. 23

Table 3.4. Types of conceptual understandings and coding key. 29

Table 3.5. Coding for the sign test 31

Table 4.1. Summary of types of conceptual understandings for the ISR group 38

Table 4.2. Summary of types of conceptual understandings for the IDR group. 53

Table 4.3. Summary of the types of conceptual understandings for ISR and IDR groups from pretest to posttest. 68

Table 4.4. Sign test statistics for the changes in students' types of conceptual understandings for the ISR and IDR groups. 69

Table 4.5. Independent samples t-test results for the pretest scores of ISR and IDR groups 70

Table 4.6. Independent samples t-test results for the posttest scores of ISR and IDR groups 71

Table 4.7. The frequencies and percentages of alternative conceptions in the ISR Group . 72

Table 4.8. The frequencies and percentages of alternative conceptions in the IDR Group. 79

Table 4.9. The frequencies and percentages of alternative conceptions in ISR and IDR groups 88

LIST OF ACYRONYMS / ABBREVIATIONS

CLT	Cognitive Load Theory
IDR	Inquiry Instruction with Dynamic Particulate Representations
ISR	Inquiry Instruction with Static Particulate Representations
MoNE	Ministry of National Education in Turkey
TGCT	Two-tier Gases Concept Test

1. INTRODUCTION

The behavior of gases is one of the chemistry topics that students hold some alternative conceptions (Benson, Wittrock, & Baur, 1983; Coştu, 2008; Liang et al., 2011; Lin & Cheng, 2000; Stavy, 1988). It is not a coincidence that the behavior of gases receive such extensive attention in the literature, because understanding the gas behavior is one of the fundamental concepts in chemistry education, as it provides insight into many other chemistry concepts, such as gas laws, kinetic molecular theory, thermodynamics, chemical kinetics, mole concept and etc. that might include gas particles. Further, to explain daily phenomena, such as refrigerators and cooling systems, photosynthesis and respiration, pressure cookers, aerosols, helium balloons, medical applications (oxygen tanks and respirators), hot air balloons, vehicle tires, airbags, require a scientific understanding of gas behavior. Therefore, a scientific understanding of gas behavior not only equips students with essential knowledge for their current studies but also lays the groundwork for future scientific endeavors.

When previous studies are examined, it becomes clear that a variety of non-traditional instructional methods have been employed to foster students' understanding of gas behavior. For instance, in their work, Aydeniz et al. (2012) utilized argumentation-based instruction, while Pabuccu and Erduran (2016) adopted a "chemistry story" to facilitate argumentation on gas behavior. Chao et al. (2016) used sensor-augmented virtual labs, and Chiu et al. (2015) designed an instructional approach that combined augmented virtual labs with physical labs to explore students' comprehension of gas behavior. Similarly, Correia et al. (2018) examined teaching gas behavior at the submicroscopic level through the application of PhET simulations. Recently, Adadan (2020) investigated preservice teachers' understanding of gas behavior by implementing an inquiry-based instruction integrating multiple representations.

In the current study, Grade 9 students' understanding of gas behavior was investigated using a non-traditional, inquiry-based instructional design that incorporates multiple representations enriched with either static or dynamic visualizations.

1.1. Gas Behavior in National Curriculum

In Turkey, there is a central science curriculum covering years for Grade 3-8 and also Grade 9-12 (MoNE, 2013a; MoNE, 2013b). Updates to the middle school curriculum (Grade 5-8) were introduced in 2017, 2018, and 2024, while the high school curriculum (Grade 9-12) was revised in 2018 and 2024. Since the students in the present study followed the 2013 curriculum during their middle and high school years, the 2013 curriculum is detailed here to provide insight into the participants' academic background. The national curriculum for Grades 6 to Grade 8 includes topics such as the particulate nature of matter, the structure and properties of matter, matter and heat, states of matter and heat (MoNE, 2013a). By the end of Grade 8, students are expected to achieve the following:

- Draw conclusions that gas molecules are independent of each other when compressed or expanded. (Grade 6)
- Infer that molecules of gases perform translational motion. (Grade 6)
- Observe and conclude that particles move faster as substances are heated. (Grade 6)
- Interpret temperature as an indicator of the average kinetic energy of molecules. (Grade 8)
- Explain, using models or diagrams, the relationship between the distance of molecules/atoms, bond strength, and movement of molecules of gases, liquids, and solids. (Grade 8)
- State that the intermolecular bonds between gas particles are almost negligible. (Grade 8)

Similarly, there is a central chemistry curriculum for high school students (MoNE, 2013b). This curriculum has been updated in 2018, however the learning objectives for the Gases unit remained the same. Grade 9 objectives for the Gases follow:

- Explain the properties of gases such as pressure, temperature, volume, and amount along with their units.
- State that gas pressure is related to molecular motion.
- Use gas laws and kinetic theory to explain the gas behavior.

- Emphasize that gas laws (behaviors) are factual generalizations, while explanations of how gases behave are based on theory.
- Read graphs that show pressure-volume, temperature-volume, and pressure-temperature relationships.

Furthermore, in the Grade 11 chemistry curriculum, a total of 30 class hours are allocated to the Gases unit including the following objectives (MoNE, 2018):

- Explain the units used in the description of gases.
- Explain the gas laws including (Boyle, Charles, Gay-Lussac, and Avogadro).
- Explain the relationship between experimentally derived gas laws and the ideal gas law.
- Explain the gas behaviors using the kinetic theory.
- Explain the partial pressures of gas mixtures with examples from daily life.
- Compare real gases and ideal gases during the compression/expansion processes.
- Explain the real-world applications of phase changes in real gases, such as refrigeration systems (Joule-Thomson effect), using examples.

(In the 2024 chemistry curriculum, the learning outcomes for the Gases unit have been maintained, but instead of being addressed separately in the Grade 9 and 11, such learning outcomes have been combined and placed under the first theme of the Grade 10. Due to a gradual transition, the 2024 chemistry curriculum is currently only being implemented with Grade 9 students. --- The current study was conducted before "Gas properties" were introduced according to the state curriculum.)

1.2. Significance of the study

The behavior of gases are among the more challenging topics in chemistry education, because they are abstract and not easily observable in daily life (Gabel, 1999; Johnstone, 1991; Lin et al., 2000). Therefore, it is important to find ways to help students understand these concepts more clearly and avoid alternative conceptions. This study aims

to contribute to this by examining how different types of visual representations may affect students' understanding of the behavior of gases.

In chemistry education, educators often use static representations, like images, graphs, or diagrams. These are helpful, but they may not always be enough to show changes over time or how the particles behave. On the other hand, dynamic representations, like animations or simulations, can provide more interactive and time-based visuals. However, the existing research studies show mixed results. Some studies claim that there is no major difference between static and dynamic representations (Bongers et al., 2020; Hegarty, 2004; Lowe, 2003; Tejada & Serra, 2018; Tversky et al., 2002;), while others suggest that dynamic visuals can help students grasp certain topics better (Ainsworth & VanLabeke, 2004; Korakakis et al., 2009; Langitasari et al., 2018, Wu & Shah, 2004)

This study took a closer look at this discussion in the context of gas behavior, using multiple representations to support teaching. The study intended to examine how these different representations affect the change in students' understanding of gas behavior.

The results of this study could be useful for designing better instructional materials in chemistry. It may provide insights into how we can use both static and dynamic visuals effectively to improve students' understanding of difficult concepts and reduce alternative conceptions. The study will also contribute to the broader discussion on how educational technology can be integrated into science education to support more meaningful conceptual learning.

1.3. Purpose of the study

The main purpose of this study was to explore the effectiveness of inquiry instruction with static particulate representations (ISR) and inquiry instruction with dynamic particulate representations (IDR) on Grade 9 students' conceptual understanding of gas behavior. This study also aimed to reveal any misconceptions held by Grade 9 Students' regarding the topic of gas behavior.

1.4. Research Questions

The following research questions guided the current study:

(i) What are the types of conceptual understandings held by Grade 9 students about gas behavior just before and immediately after the completion of inquiry instruction with static particulate representations (ISR) and inquiry instruction with dynamic particulate representations (IDR)?

(ii) How do Grade 9 students' types of conceptual understandings of gas behavior differ before and immediately after the completion of ISR and IDR?

(iii) How do the two groups (ISR and IDR) compare in terms of their conceptual understanding of gas behavior before and immediately after the completion of ISR and IDR?

(iv) What are the alternative conceptions on gas behavior held by Grade 9 students just before and immediately after the completion of ISR and IDR?

2. LITERATURE REVIEW

Studies suggest that students do not attend classes as “empty vessels” waiting to be filled with required information (Smith, 1994). Instead, as students make sense of the world around themselves, they may generate some alternative explanations and beliefs with respect to their experiences or instincts (Smith, 1994). These interpretations can be very different from scientifically accepted views (Driver & Oldham, 1986; Fosnot & Perry, 1996; Vosniadou, 1994). Research in science education provides various views about how students make sense of the world around themselves (Champagne et al., 1983; Clough & Driver, 1986; Gulacar et al., 2019; Levy, 2007; Osborne & Wittrock, 1983, 1985; Schwarz et al., 2017; Stowe & Esselman, 2022; West & Pines, 1985):

i. Even before the ages for formal education, students hold some ideas related to topics in science.
ii. Some alternative conceptions that students have may be constructed as result of prior instruction.
iii. Students’ explanations about particular science concepts may not always be scientifically accurate 254 and may include alternative conceptions; however, students value them as logical and useful.
iv. In cases where students’ alternative conceptions remain unnoticed and are not handled carefully throughout the formal education years and even after the graduation, these alternative conceptions remain and inhibit learning of new concepts.
v. Such alternative conceptions resist changing under traditional instruction.
vi. Alternative conceptions are common in different age groups, and even teachers in the field of science may have them.

Several researchers refer to Ausubel’s famous statement: “The most important single factor influencing learning is what the learner already knows” (Bretz, 2001; Bryce & Blown, 2024; Ernest, 1995). This statement emphasizes that effective teaching must consider students’ existing knowledge and perceptions, which serve as a foundation for

further learning. By building on what students already know, educators can help facilitate deeper understanding and more meaningful learning experiences.

Constructivism is a widely accepted theory of learning that has profoundly influenced contemporary views on education, particularly in science classrooms. It suggests that learners are not passive recipients of information but active participants who build their own understanding by integrating new information with what they already know (Driver & Oldham, 1986; Piaget, 1970; Sjøberg, 2010). Prior experiences, cultural context, and cognitive engagement play a fundamental role in shaping how students make sense of new ideas (Ozdem-Yilmaz & Bilican, 2025). In this framework, learning is seen not as simply accumulating facts, but as a process of reorganizing and reconstructing conceptual understanding.

Students bring their own interpretations of the world into the classroom, and these pre-existing ideas strongly influence how they engage with and respond to new instruction (Driver et al., 1994; Duit, 2009). Rather than aiming to replace students' "incorrect" ideas, constructivist teaching seeks to transform and reorganize students' conceptual frameworks through active engagement, reflection, and structured support. Instruction that follows a constructivist approach focuses on helping learners make their thinking visible, test their current ideas, and reconstruct their mental models in light of new evidence (Duit & Treagust, 2003).

Within constructivism, two major strands are particularly influential: individual constructivism and social constructivism. Individual constructivism, often associated with Piaget, emphasizes how learners internally restructure their knowledge as they encounter new experiences and attempt to resolve cognitive conflicts (Yılmaz, 2011). Social constructivism, rooted in Vygotsky's work, highlights the inherently social nature of learning, occurring through dialogue, collaboration, and interaction with cultural tools (Palincsar, 1998). Vygotsky's idea underlines the importance of scaffolding, where learning is optimized through guidance from more capable peers or teachers.

In science education, constructivism is especially valuable because students frequently enter with robust yet scientifically inaccurate preconceptions, often referred to

as alternative conceptions. These ideas, shaped by personal experiences, cultural beliefs, or prior instruction, are often persistent and resistant to change, even after formal teaching (Duit & Treagust, 2003; Vosniadou, 1994). Addressing students' prior knowledge directly and providing opportunities for them to reflect and reconstruct their thinking are key to fostering meaningful learning.

This is where the theory of conceptual change becomes central. One of the most influential models, proposed by Posner et al. (1982), argues that for students to replace an existing idea with a new one, they must first become dissatisfied with their current understanding. Furthermore, the new concept must be perceived as intelligible, plausible, and fruitful for solving problems or explaining phenomena. However, research has shown that cognitive conflict alone is not enough. Students' emotions, motivation, and the social environment of the classroom also significantly impact whether meaningful conceptual change occurs (Dole & Sinatra, 1998; Gregoire, 2003).

Importantly, conceptual change is rarely an immediate or complete replacement of ideas. Often, students hold onto multiple, even conflicting ideas simultaneously (Taber, 2017). This complexity challenges traditional notions of "correcting misconceptions" and suggests the need for continuous instructional support over time.

To promote conceptual change, instruction should include strategies that make students' ideas visible, create opportunities for cognitive conflict, and provide the tools to reconstruct understanding. Strategies such as prediction-observation-explanation (POE) cycles, analogy use, guided-inquiry activities, real-world applications, argumentation-based learning, and the use of multiple representations have been found effective (Ansari, 2024; Baser, 2006; Duit & Treagust, 2003; Limón, 2001). Multiple representations - including verbal, visual, and symbolic modes - can help students better connect abstract scientific ideas with observable phenomena, facilitating deeper and more enduring understanding (Adadan, 2006; Sjøberg, 2010).

In fields like chemistry education, where students must grasp abstract and submicroscopic phenomena such as gas behavior, chemical reactions, or atomic structure, alternative conceptions are especially common. For this reason, instruction must be

carefully designed to reveal, challenge, and gradually restructure students' thinking, providing sustained opportunities for reflection and conceptual growth (Taber, 2001).

Constructivism and conceptual change theories emphasize that effective science learning is an active, social, and emotionally involved process. Recognizing and working with students' pre-existing ideas, creating environments that foster cognitive and emotional engagement, and supporting the gradual restructuring of conceptual understanding are crucial for promoting meaningful and lasting learning.

2.1. Students' Understanding of Gas Behavior

Gas behavior and gas laws constitute one of the most extensively researched topics in chemistry education. Studies have shown that there are numerous alternative conceptions regarding gas behavior (Aydeniz et al., 2012; Liang et al., 2016; Chou & Chiu, 2011; Mayer, 2011). These alternative conceptions are not limited to younger students but extend to high school and university students and even to pre-service teachers and in-service teachers (Adadan, 2020; Chiu et al., 2015; Kirbulut & Geban, 2014).

In a study, it is revealed that students often fail to accept gases as matter; students believe that gases have no mass or that matter loses some mass as a phase change occurs from solid to gas or liquid to gas (Stavy, 1988). In another study, it is shown that students reject the particulate nature of matter for gases. They do not believe that empty spaces exist between gas particles; they believe that gases have a continuous structure and that gas particles do not show a uniform distribution (Liang, Chou, & Chiu, 2011).

Lin and Cheng (2000) provided some evidence about students' alternative conceptions at the molecular level. Students' drawings at the molecular level showed that students describe gas particle behavior as tending to move away from heat and as gas particles getting bigger or expanding as the temperature increases. Another study indicated that large distances between gas particles are not accepted even among university students (Benson et al., 1983). Furthermore, pre-service chemistry teachers believed that gases show a non-uniform distribution when temperature is changed and that there is a change in

the kinetic energy of gas particles when the volume of the container is changed at the same temperature (Adadan, 2020).

Research also has shown that students believe water loses mass when it evaporates, leading them to think it will rise (Stavy, 1988). Similarly, another study revealed that Grade 11 students struggle to understand the uniform distribution of gas mixtures (Cho et al., 2000). Another study found that students believe the volume occupied by a gas would decrease when the temperature is lowered without changing the container's volume (Sanger & Phelps, 2007). Research conducted on students and teachers showed that participants blindly selected a formula involving variables (e.g., Boyle's law: $P_1V_1 = P_2V_2$; and the ideal gas law: $PV = nRT$) and were unable to provide the underlying submicroscopic reasoning (Lin et al., 2000). The same study found that only 20% of the participants could explain the relationship between gas pressure in a closed system and atmospheric pressure. Furthermore, another study revealed that, despite having covered the topic previously, Grade 12 students offered incorrect explanations regarding the direction of particle motion in gas mixtures and the kinetic energy generated by collisions with container walls (Chung & Chiu, 2007).

Alternative conceptions about gas behavior are a persistent challenge in chemistry education. Identifying and addressing these alternative conceptions is crucial for improving chemistry education and ensuring a deeper comprehension of scientific principles. It requires a multifaceted approach that combines the use of visualizations, conceptual teaching strategies, and explicit treatment of alternative ideas.

In summary, by applying constructivist learning theory and understanding the significance of engaging with students' pre-existing conceptual frameworks, educators can effectively address students' alternative conceptions related to gas behavior. This holistic approach helps students reconstruct their scientific understanding, thereby promoting deeper and more meaningful learning outcomes. For these reasons, the instructional strategies implemented in this study were designed within this framework, guided by the constructivist approach, considering students’ prevalent alternative conceptions reported in the literature.

2.2. Multiple-Representations in Chemistry

Chemistry is often perceived as a challenging subject by students, mainly due to its abstract nature and the complexity of its scientific principles (Sirhan, 2007). However, using multiple representations can help students grasp these difficult concepts by lowering cognitive load, enhancing mental models, minimizing alternative conceptions, and even improving their self-efficacy (Permatasari et al., 2022).

The use of multiple representations is highly important as it provides students with alternative pathways to access the targeted knowledge (Ainsworth, 1999). If one representation proves unsuitable or ineffective for a particular student, they are given the opportunity to benefit from another representation (Ainsworth, 1999). Similarly, Treagust (2018) argues that utilizing various forms of representations enhances students' grasp of abstract concepts, promotes a more integrated and comprehensive understanding, and fosters a more engaging and enjoyable science learning experience.

Although previous studies have demonstrated the positive effects of using multiple representations, it is equally important to consider the levels of these representations and how they should be implemented in the learning process. In chemistry, three different representation levels exist (Johnstone, 1996): *macroscopic* – includes phenomena that are observable (e.g. evaporation of water), *submicroscopic* – includes the structure and behavior of particles (e.g. hydrogen bonding between water molecules and behavior of water molecules), and *symbolic* – a representation form that expresses formulas, chemical equations etc. by signs and symbols (e.g. phase change from water to water vapor as: $H_2O_{(l)} \rightarrow H_2O_{(g)}$) (Gabel, 1999; Gilbert & Treagust, 2009; Johnstone, 1996). Johnstone's model is important because it helps explain why many students find chemistry difficult. According to Johnstone (1991), chemistry is considered complicated because students need to understand all three levels at the same time. If they cannot connect these levels, their learning can be undesirably affected.

Lemke (1998) showed that for conceptual understanding of some concepts, one representation (e.g. macroscopic) is not sufficient; it is required to have combination of

these representation levels for a conceptual understanding (e.g. macroscopic, submicroscopic and symbolic representations together). Similarly, Hilton et al. (2010) suggested that students need to recognize the relationships between these levels and be able to switch from one representation to another to achieve a strong understanding of chemistry.

Gabel (1993) pointed out that students often struggle to link what they see (macroscopic) with what happens at the particle level (submicroscopic) and how this is shown using symbols (symbolic). This can lead to alternative conceptions or incomplete learning. Even though students give correct answers to mathematical questions, they score low on questions that include submicroscopic explanations (Niaz, 2000).

Considering the potential benefits of multiple representations and the challenges students face in developing a conceptual understanding of chemistry topics, it can be argued that merely incorporating multiple representations is not sufficient. Instead, it is crucial to utilize all three levels of representation - macroscopic, submicroscopic, and symbolic - and adopt instructional approaches that facilitate smooth transitions between these levels. Gilbert and Treagust (2009) also emphasize that teachers should support students in making connections between these three levels by using visual aids, models, and interactive tools. Such strategies can reduce the cognitive load on students and enhance their comprehension of abstract concepts by making the learning process more accessible and coherent.

2.2.1. Static and Dynamic Representations in Chemistry Education

Under the multiple representation framework, a variety of representational models can be listed, including images, graphs, animations, drawings, experiments, demonstrations, simulations, videos, interactive models, and verbal explanations. However, as this study focuses on the differences between these types, the emphasis is specifically placed on static and dynamic visualizations, with references to relevant studies in the literature.

Static visualizations refer to images, diagrams, graphs, and other non-moving visual representations. They provide a screenshot of a chemical concept or a chemical process such as the polarity of a molecule. Static visualizations are widely used in textbooks, instructional materials and posters. *Dynamic visualizations*, on the other hand, refers to animations, simulations, videos and other moving visual representations. Dynamic visualizations are particularly used for demonstrating processes that include a change over time, such as dissolution process. (Hegarty, 2004)

When examining previous studies on the advantages and disadvantages of static and dynamic visualizations, it is evident that there is no clear consensus. There are numerous studies that found out that dynamic visualizations are more effective than static visualizations (Kalyuga, 2008; Lin & Atkinson, 2011; Ploetzner et al., 2020). In their study, Ardac and Akaygun (2005) found that students who received dynamic visualizations performed better than students who received static visualization related to representing chemical change at molecular level.

Similarly, Kalyuga (2008), showed that animations provided more benefits for knowledgeable learners in the context of transforming graphs to functions. Another study by Lin and Atkinson, (2011) showed that students who received dynamic representations retained significantly more scientific concepts than students who received static representations. Ryoo and Linn (2011) showed that students who learned with dynamic visuals were significantly better at explaining how energy changes during photosynthesis and linking it to other related concepts, compared to those who learned with static visuals.

A meta-analyis study conducted by Berney and Betrauncort (2016), an overall positive effect of animation is observed with a Hedges's g effect size of 0.226 (95% confidence interval = 0.12–0.33). In a more recent review study, it is also found that learning through animations was notably more effective than through static images when understanding the kinematic models (Ploetzner et al., 2020).

Even though animations are often seen as more effective for learning, some studies have found no significant difference between static and dynamic visualizations in terms of their impact on learning outcomes. In her study, Lewalter (2003) found no clear advantage

of animations over static visuals. Similarly, Tversky et al. (2002) pointed out that in many situations, animations do not provide any learning benefit compared to static images.

In their meta-analysis, Höffler and Leutner (2007) emphasized that focusing solely on the type of visualization may be misleading, as other factors - such as the role of the animation, its level of realism, and the type of learning outcome being assessed - are also crucial. A few years later, Höffler and Schwartz (2011) found that for learners with a preference for verbal processing, there was no significant difference between static and dynamic visualizations. They argued that individual differences should also be considered when evaluating the effectiveness of visual formats.

Moreover, Castro-Alonso et al. (2016) criticized prior research for failing to control important moderating variables when comparing static and dynamic visualizations. They argued that due to such biases, comparing results from these studies is akin to "comparing apples and oranges," which may explain the inconsistent findings in the literature. Similarly, Castro-Alonso et al. (2019) highlighted other methodological issues, such as gender imbalance in study samples and the lack of demographic reporting in some studies.

To sum up, animations are not inherently more effective than static visuals. In some situations, particularly when dealing with abstract content, they may even lead to misunderstandings (Tversky et al., 2008). Similarly, Kalyuga (2008) found that static diagrams were more effective than animated ones for learners with limited prior knowledge. Mayer et al. (2005) also demonstrated that static illustrations can sometimes be more beneficial than narrated animations. Lastly, Rebetez et al. (2010) argued that animations, by their nature, may give learners an "illusion of understanding" without actually promoting meaningful cognitive processing.

To summarize, it can be argued that both static and dynamic visualizations have their own unique advantages and disadvantages. There are numerous studies suggesting that static representations are more effective, that dynamic ones are more beneficial, or that neither has a clear advantage over the other. Therefore, as Schnotz and Lowe (2008) pointed out, it is crucial to explore the specific conditions under which dynamic visualizations are more appropriate for instructional use. In line with this aim, the current

study focuses on gas behavior and investigates whether there is a difference between using static and dynamic visualizations of the same simulations in terms of understanding gas behavior and providing scientific explanations at the particle level. The study also aims to identify in which situations one type of visualization may be more advantageous than the other, thereby addressing one of the gaps in the literature related to the mixed results in this field.

2.3. Cognitive Load Theory and Multiple-Representations in Chemistry Education

Cognitive Load Theory (CLT), introduced by Sweller (1988), offers a framework for understanding how learners process information in working memory, which is limited in both capacity and duration. According to CLT, instructional design should aim to manage the cognitive demands placed on learners to optimize learning. This is particularly relevant in the context of chemistry education, where abstract and complex concepts are often presented through three levels of multiple representations, such as symbolic equations (symbolic), particulate-level diagrams (sub-microscopic), graphs (macroscopic), and animations (macroscopic or sub-microscopic).

CLT categorizes cognitive load into three types: intrinsic, extraneous, and germane (Sweller, 2010). *Intrinsic load* relates to the inherent complexity of the material being learned, which is typically high in chemistry due to its abstract nature and the need to link different levels of representation. *Extraneous load* is related to how information is presented and can be minimized through effective instructional design. *Germane load* refers to the mental effort involved in constructing schemas, which supports long-term learning (Sweller, 2010). Intrinsic and extraneous cognitive loads combine to form the overall cognitive load. When this total load surpasses the limits of working memory, it can hinder information processing and learning. Simply put, if the demands on working memory are too high, the chances of making meaningful changes to long-term memory decrease (Sweller, 2010).

When learners are required to link multiple representations, such as static diagrams with text or dynamic simulations with symbolic equations, cognitive load can increase

significantly (Milenkovic et al., 2014; Seufert & Brünken, 2006). If the representations are not well-integrated or demand simultaneous attention to different forms of information, extraneous load may exceed the learner's working memory capacity, leading to cognitive overload. This is particularly problematic for novice learners who may struggle with integrating symbolic, macroscopic, and submicroscopic representations, which are all common in chemistry (Rau, 2015).

In this context, the use of dynamic versus static visualizations becomes critical. Dynamic visualizations, such as animations or simulations, can support learners by visually conveying temporal or causal processes that would be difficult to infer from static images alone (Lowe & Schnotz, 2014). However, they can also increase cognitive load if not designed appropriately - for example, if the animation moves too quickly or does not allow for learner control (Mayer & Moreno, 2003). On the other hand, static visuals may allow for more deliberate processing but might not effectively represent changes over time (Kühl et al., 2018).

According to Paas et al. (2003), the core idea of CLT is that instructional methods should consider how working memory functions and its limitations. Therefore, applying the principles of CLT to chemistry education requires careful consideration of when and how to use dynamic and static visualizations. Techniques such as segmenting animations, highlighting key elements, or providing pre-training on core concepts can help reduce extraneous load and enhance learning outcomes (Seery & Donnelly, 2011; Sweller et al., 2011). Similarly, cognitive load can be minimized while working with virtual labs by adding arrow-textual aids (Ali et al., 2022).

Furthermore, matching visualization types to learners' prior knowledge and the complexity of the content is essential to avoid under- or overloading cognitive resources (Lou & Jaeggi, 2019; Lowe, 2003; Yeh et al., 2012;). In summary, Cognitive Load Theory provides a valuable framework for evaluating the instructional use of multiple representations in chemistry. By designing visualizations that support rather than overwhelm cognitive processes, educators can help learners build coherent and meaningful understandings of complex chemical phenomena.

3. METHODOLOGY

The main purpose of this study was to explore the effectiveness of inquiry instruction with static particulate representations (ISR) and inquiry instruction with dynamic particulate representations (IDR) on Grade 9 students' conceptual understanding of gas behavior.

The following research questions guided the current study:

(i) What are the types of conceptual understandings held by Grade 9 students about gas behavior just before and immediately after the completion of inquiry instruction with static particulate representations (ISR) and inquiry instruction with dynamic particulate representations (IDR)?

(ii) How do Grade 9 students' types of conceptual understandings of gas behavior differ before and immediately after the completion of ISR and IDR?

(iii) How do the two groups (ISR and IDR) compare in terms of their conceptual understandings of gas behavior before and immediately after the completion of ISR and IDR?

(iv) What are the alternative conceptions on gas behavior held by Grade 9 students just before and immediately after the completion of ISR and IDR?

In the following sections, details related to the design of the study, participants and the context of the study, framework of the instructions and data collection and analysis procedures will be described with the intention of addressing research questions.

3.1. Research Design

This study adopted a mixed-method research design, combining quantitative and qualitative approaches within a pretest-posttest framework involving two comparison groups (ISR and IDR). To investigate students' understanding of gas behavior, both groups completed pretests and posttests, which were analyzed using quantitative methods (e.g., scoring and statistical analysis) and qualitative methods (e.g., categorizing types of understanding) (see Table 3.1).

The nature of the research questions guided the design of study as it requires two comparison groups in order to examine the effectiveness of two different inquiry instructions (ISR and IDR instructions). The primary focus was on identifying changes in participants' understanding of gas behavior within and across the groups before and after the intervention. For this purpose, the students in both groups have completed the same activities in the same sequence. (see Table 3.3) However, the two groups differed in terms of the type of the particulate representations presented in relation to gas behavior at the submicroscopic level. For the ISR group, representations are chosen to be only static particle representations related to gas behavior; on the other hand, the IDR group was exposed to dynamic particulate representations in relation to gas behavior.

Table 3.1. Design of the study.

Group	**Pretest**	**Inquiry**	**Posttest**	**Interviews**
1	Two-tier Gases Concept Test (one week prior to ISR)	6 weeks (12 class periods) of ISR	Two-tier Gases Concept Test (two weeks after ISR)	Interviews (two weeks after ISR)
2	Two-tier Gases Concept Test (one week prior to IDR)	6 weeks (12 class periods) of IDR	Two-tier Gases Concept Test (two weeks after IDR)	Interviews (two weeks after ISR)

3.2. Participants of the Study

The study was implemented in two Grade 9 classrooms of a public high school, located in Istanbul. Students were the one who scored in the top %0.42 on the high school entrance exam in the year when they were admitted to the school. At this high school, there were approximately 240 students at each grade level, totaling around 1100-1200 students overall.

The students continue to Grade 9 after completing the English preparatory class. Grade 9 students at this high school received a total of 40 hours of instruction per week, comprising 34 compulsory course hours, 5 elective course hours, and 1 hour dedicated to academic and social guidance practices. Of the 34 compulsory course hours, 2 are allocated to Chemistry classes. The groups involved in this study also took the 2-hour elective course, called Project Preparation, besides their chemistry course. The current study was conducted within the scope of this particular elective course.

A total of 64 students in the two Grade 9 classes participated in the study. Even though there was no statistically significant difference in the pre-questionnaire scores of the two groups, the class with a higher average score on pre-questionnaire is chosen as the static representation group, and the class with a lower average score is chosen to be dynamic representation group ($t = -1.009$, $p > 0.317$). This decision was guided by the assumption that dynamic visualizations, which can visually convey temporal or causal processes, may offer additional cognitive support for learners who demonstrate lower prior knowledge or weaker initial understanding (Lowe & Schnotz, 2014). Decision for the groups led 30 students to be in the static representation group, and 34 students to be in the dynamic representation group. Both groups consisted of students whose ages range between 16 to 17. Table 3.2 outlines the demographics for both groups.

Table 3.2. Demographics for the ISR and IDR groups.

Groups	**Gender**		**Average Age**
	Male	**Female**	
ISR	16	14	16.05
IDR	12	22	
Total	28	36	

3.3. The Framework for Instructions

This section describes the two instructional interventions employed in this study, namely ISR and IDR. Two types of instructional interventions were developed with respect to constructivist ideas with the aim of understanding and (re)structuring conceptual understandings held by Grade 9 students. As the core concepts of gas behavior were instructed in each instructional group, the relevant alternative conceptions associated with each core concept were also specifically addressed. Core concepts were determined based on a literature review and the Grade 9 chemistry curriculum by the Ministry of National Education (MoNE, 2013b). Alternative conceptions, on the other hand, were identified according to the findings of previous studies (Chao, et al., 2016; Çetin, 2009; Geban, 2012; Kırbulut, 2012; Levy & Wilensky, 2009; Yalçınkaya & Boz 2015).

The ISR and the IDR instructions specifically addressed the following concepts:

1. Gases have mass and volume.
2. Particles of gases move in all directions and spread out to fill the container that they are in.
3. Gases are compressible.
4. Gases expand when heated, and gases contract when cooled.
5. At constant **T** and **n** (the number of moles of particles), the pressure of a gas is inversely proportional to its volume.
6. At constant **P** and **n**, volume of a gas is directly proportional to its T.
7. At constant **V** and **n**, the pressure of a gas is directly proportional to its T.

Both the IDR and the ISR instructions focused on developing students' scientific conceptions on the gas behavior within an inquiry-based learning environment enriched with multiple representations (Talanquer, 2011). The fundamental principles of gas behavior were initially introduced to establish a foundation for understanding more advanced gas concepts, which involve integrating multiple aspects of gas behavior (Vosniadou et al., 2001). For example, the movement of gas particles was already introduced before the gas laws were experienced. Similarly, common alternative conceptions related to gas behavior were specifically addressed in the first place to allow students to be aware of their existing alternative conceptions.

Both instructions focused on developing more scientific conceptions in the context of inquiry instruction with the integration of multiple representations. (see Table 3.3) All activities were designed to include a phenomenon occurring at the *macroscopic level.* Students were first asked to make a prediction about the phenomenon. Then, students designed and conducted the experiment, collected data, and they interpreted these evidences to drive a conclusion. In cases where the experiments were not feasible or safe, virtual labs were utilized (e.g., Gay-Lussac's Law). Moreover, the participants were expected to produce detailed verbal explanations at *the submicroscopic level* for each observed *macroscopic phenomenon* (see Table 3.3).

In addition, students also viewed either static or dynamic particulate representations. The IDR group students experienced dynamic particulate representations through online simulations (see https://phet.colorado.edu/en/simulation/gas-properties); on the other hand, the ISR group students viewed static particulate representations that were generated by utilizing the screenshots taken from the same simulation. Students were then asked to establish connections between their own explanations and the representations they viewed, explaining any discrepancies if present. This was aimed at enabling them to make scientific connections at the particulate level.

Furthermore, research stated that interactions and communication among students positively contribute to the learning process (Staarman et al., 2005; Tullis & Goldstone, 2020). For this reason, discussions were promoted throughout the process, with sufficient time allocated to enable students to share their understandings with each other. These

interactions were allowed at each stage, starting with group discussions followed immediately by class discussions (Talanquer, 2011; Vosniadou et al., 2001). For example, students first discussed their submicroscopic-level explanations within their groups, and each student noted their explanations on their activity sheets. Then, each group shared their ideas in relation to the phenomenon, and then the concept was opened up for a class-wide discussion.

Writing, as much as interaction and communication, is an essential component of the learning process. Numerous studies have shown that writing positively contributes to students' learning (Klein, 2004; Bangert-Drowns et al., 2004; Kingir, 2013; Cox Jr et al., 2018; Shultz & Gere, 2015). For this reason, activity sheets were provided to students for each task, and they were asked to write their explanations on the activity sheet.

More importantly, immediately after each lesson, students were asked to write a one-page reflective journal. These journals were designed to include metacognitive reflection (Bangert-Drowns, Hurley, & Wilkinson, 2004). Students were asked to evaluate their current understanding and confusions. The following prompts were given for the reflective journal: *"How do your thoughts before the activity compare to your thoughts now? In what ways are they similar or different? Why have your thoughts persisted or changed? Have you learned anything new? Were there any moments during the lesson that confused you? Please explain your thoughts by discussing them in detail."* These metacognitive reflections were expected to serve as a means to build scientifically more accurate understandings with respect to experience leading to the cognitive conflict (Limón, 2001).

The researcher, a chemistry teacher, was the co-instructor of both the ISR and the IDR groups. The researcher co-taught the classes and collected data during the study. To avoid researcher bias, teachers of the course participated in the instructions as observers to ensure that the content was implemented as described in the lesson plan and that no instruction was favored over the other. During the instruction, the researcher took field notes, and no analysis related to the types of understandings or alternative conceptions were performed until all instruction and data collection procedures were completed.

Table 3.3. Instructional strategies implemented in IDR and ISR.

Activities	**Teaching for IDR Group**	**Teaching for ISR Group**
Activity 1 Predicting and observing mass of gases	• Predicting the mass before and after Alka-Seltzer tablet dropped into water in a closed system • Group work • Observing a phenomenon • Comparing the predictions with observations • Explaining the mass of gases • Group work • Whole-class discussion • Writing reflective journal	• Predicting the mass before and after Alka-Seltzer tablet dropped into water in a closed system • Group work • Observing a phenomenon • Comparing the predictions with observations • Explaining the mass of gases • Group work • Whole-class discussion • Writing reflective journal
Activity 2 Predicting and observing volume of gases	• Predicting what happens to paper towel in a glass turned upside down into water • Group work • Observing the phenomenon • Comparing the predictions with observations • Explaining why the paper towel did not get wet • Group work • Whole-class discussion • Writing reflective journal	• Predicting what happens to paper towel in a glass turned upside down into water • Group work • Observing the phenomenon • Comparing the predictions with observations • Explaining why the paper towel did not get wet • Group work • Whole-class discussion • Writing reflective journal
Activity 3 Observing uniform distribution of perfume particles	• Predicting the time to detect scent of perfume • Group work • Observing the phenomenon • Comparing the predictions with observations • Drawing 3 particle models • Explaining the phenomenon at particulate level • Group work • Whole-class discussion • Viewing online dynamic animation related with the distribution of perfume particles at particulate level • Writing reflective journal	• Predicting the time to detect scent of perfume • Group work • Observing the phenomenon • Comparing the predictions with observations • Drawing 3 particle models • Explaining the phenomenon at particulate level • Group work • Whole-class discussion • Viewing static representations related with the distribution of perfume particles at particulate level • Writing reflective journal
Activity 4 Comparing compressibility of solid/liquid/gas (sand/water/air)	• Drawing particulate models for iron, water and helium (individually) • Predicting the compressibility of water, air and sand • Observing the phenomenon • Group work • Comparing the predictions with observations • Explaining the phenomenon at particulate level	• Drawing particulate models for iron, water and helium (individually) • Predicting the compressibility of water, air and sand • Observing the phenomenon • Group work • Comparing the predictions with observations • Explaining the phenomenon at particulate level

Table 3.3. Instructional strategies implemented in IDR and ISR (cont.).

	• Group work • Whole-class discussion • Drawing particulate models for water, air and sand before and after the 'compression' • Viewing online simulation related with the expansion and contraction at particulate level Writing reflective journal	• Group work • Whole-class discussion • Drawing particulate models for water, air and sand before and after the 'compression' • Viewing static representations related with the states of matter at particulate level Writing reflective journal
Activity 5 Predicting and observing gas expansion/contraction by putting a balloon filled with air to hot/cold water baths	• Predicting what happens to balloon when put into a hot bath and ice bath • Observing the phenomenon • Group work • Comparing the predictions with observations • Group work • Whole-class discussion • Explaining the phenomenon at particulate level • Viewing online simulation related with the expansion and contraction at particulate level • Writing reflective journal	• Predicting what happens to balloon when put into a hot bath and ice bath • Observing the phenomenon • Group work • Comparing the predictions with observations • Group work • Whole-class discussion • Explaining the phenomenon at particulate level • Viewing static representations related with the expansion and contraction at particulate level • Writing reflective journal
Activity 6 Exploring the relation between volume and pressure of a gas by designing an experiment and observing marshmallow in a syringe when pressed and released	• Forming a hypothesis for the relation between P and V when T and n are constant • Designing a simulation based online experiment to find out the relation between P and V when T and n are constant • Identifying dependent, independent and constant variables • Collecting data using PhET simulation • Graphing experiment data • Drawing conclusion based on experiment results • Comparing the hypothesis with the observations • Explaining the relation between P and V when T and n are constant at the particulate level • Group work • Whole class discussion • Viewing online simulation at particulate level • Generating a mathematical expression for Boyle's law • Group work • Whole class discussion • Predicting what will happen to marshmallow in syringe • Observing the daily phenomenon	• Forming a hypothesis for the relation between P and V when T and n are constant • Designing an online experiment with input/output property to find out the relation between P and V when T and n are constant • Identifying dependent, independent and constant variables • Collecting data through online experiment • Graphing experiment data • Drawing conclusion based on experiment results • Comparing the hypothesis with the observations • Explaining the relation between P and V when T and n are constant at the particulate level • Group work • Whole class discussion • Viewing static representations at particulate level • Generating a mathematical expression for Boyle's law • Group work • Whole class discussion • Predicting what will happen to marshmallow in syringe • Observing the daily phenomenon

Table 3.3. Instructional strategies implemented in IDR and ISR (cont.).

	• Comparing the predictions with observations • Explaining the phenomenon at particulate level • Group work • Whole class discussion • Writing reflective journal	• Comparing the predictions with observations • Explaining the phenomenon at particulate level • Group work • Whole class discussion Writing reflective journal
Activity 7 Exploring the relation between temperature and volume of a gas by designing an experiment and observing a crushed ping-pong ball when put into a hot bath	• Forming a hypothesis for the relation between V and T when P and n are constant • Designing a simulation based online experiment (at macroscopic level) to find out the relation between V and T when P and n are constant • Identifying dependent, independent and constant variables • Collecting data through online experiment • Graphing experiment data • Driving conclusion based on experiment results • Comparing the hypothesis with the observations • Explaining the relation between V and T when P and n are constant at the particulate level • Group work • Whole class discussion • Viewing online simulation at particulate level • Generate a mathematical expression for Charles' law • Group work • Whole class discussion • Predicting what happens to crushed ping-pong ball when put into a hot bath • Observing the daily phenomenon • Comparing the predictions with observations • Explaining the phenomenon at particulate level • Group work • Whole class discussion • Writing reflective journal	• Forming a hypothesis for the relation between V and T when P and n are constant • Designing a simulation based online experiment (at macroscopic level) to find out the relation between V and T when P and n are constant • Identifying dependent, independent and constant variables • Collecting data through online experiment • Graphing experiment data • Driving conclusion based on experiment results • Comparing the hypothesis with the observations • Explaining the relation between V and T when P and n are constant at the particulate level • Group work • Whole class discussion • Viewing static representations at particulate level • Generate a mathematical expression for Charles' law • Group work • Whole class discussion • Predicting what happens to crushed ping-pong ball when put into a hot bath • Observing the daily phenomenon • Comparing the predictions with observations • Explaining the phenomenon at particulate level • Group work • Whole class discussion • Writing reflective journal
Activity 8 Exploring the relation between temperature and pressure of a gas by an online simulation	• Forming a hypothesis for the relation between P and T when V and n are constant • Designing a simulation based online experiment (at macroscopic level) to find out the relation between P and T when V and n are constant	• Forming a hypothesis for the relation between P and T when V and n are constant • Designing a simulation based online experiment (at macroscopic level) to find out the relation between P and T when V and n are constant

Table 3.3. Instructional strategies implemented in IDR and ISR (cont.).

	• Identifying dependent, independent and constant variables • Collecting data through online experiment • Graphing experiment data • Driving conclusion based on experiment results • Comparing the hypothesis with the observations • Explaining the relation between P and T when V and n are constant at the particulate level • Group work • Whole class discussion • Viewing online simulation at particulate level • Generate a mathematical expression for Gay Lussac's law • Group work • Whole class discussion • Viewing online simulation at particulate level • Explaining daily phenomenon at particulate level (pressure cooker and oven) • Group work • Whole class discussion Writing reflective journal	• Identifying dependent, independent and constant variables • Collecting data through online experiment • Graphing experiment data • Driving conclusion based on experiment results • Comparing the hypothesis with the observations • Explaining the relation between P and T when V and n are constant at the particulate level • Group work • Whole class discussion • Viewing static representations at particulate level • Generate a mathematical expression for Gay Lussac's law • Group work • Whole class discussion • Viewing static representations at particulate level • Explaining daily phenomenon at particulate level (pressure cooker and oven) • Group work • Whole class discussion Writing reflective journal

(see Appendix D: Lesson Plans and Activity Sheets).

3.4. Data collection

The research questions were primarily addressed by coding and analyzing the data from both Two-tier Gases Concept Test and student interviews.

Two-tier Gases Concept Test. To assess students' understanding of gas behavior, Two-tier Gases Concept Test (TGCT) was developed. It included 14 two-tiered questions where in the first part students were expected to answer a multiple-choice item and in the second part students were expected to explain the reason for their choice for the first part of the question. TGCT questions can be seen in Appendix A.

TGCT questions were selected from studies previously conducted on this topic (Chao, et al., 2016; Çetin, 2009; Geban, 2012; Kırbulut, 2012; Levy & Wilensky, 2009; Yalçınkaya & Boz 2015). The selected items were adapted to fit into the current study, and new items were developed to test existing alternative conceptions. For each item, the first part included a multiple-choice question, and the second part consisted of an open-ended question asking for the reasoning behind the selected answer. This aimed to provide students with an opportunity to explain their views on gas behavior and to clarify any existing alternative conceptions. The participants in each group took pre-TGCT one week before the instruction; the post-TGCT was implemented two weeks after the instruction.

It should be noted that the TGCT consists of a total of 14 questions including nine concepts related to gas behavior, and each assessed twice. Among these concepts, two of them *'1. Gas particles move faster when heated and move slower when cooled,'* and '2. *At constant (external) pressure, when temperature changes, gases expand or contract to equalize internal pressure with external pressure'* were not directly assessed but were evaluated through questions in relation to Charles' and Gay-Lussac's laws (see Appendix A for questions 3, 4, 7, 8, 11 and 12). To refine the language, phrasing, and timing of the test, a pilot study was conducted with 98 students, yielding a Cronbach's alpha of .640. The revised version (corrected wording and improvements in the visualizations) was administered to students in the current study.

Observation. Researcher observed each group during the instruction and took notes related to activities, discussions, students' explanations, and students' questions.

Student Interviews. Interviews were conducted to clarify and elaborate on participants' responses on Two-tier Gases Concept Test after the completion of ISR and IDR. Ten participants from each group were chosen for the interviews with respect to their limited explanations in the second part of Two-tier Gases Concept Test to identify any alternative conceptions held by students. In the interviews, students were asked the same questions as in the test, however additional questions were asked, when needed, to clarify any unclear response and to examine the reasoning behind these responses. The interviews were administered immediately after the completion of post-TGCT, 2 weeks after the instruction.

3.5. Data Analysis

The participants' responses in pre-TGCT, post-TGCT and interviews were both qualitatively and quantitatively coded and analyzed.

Qualitative analysis. The first research question of the study involves identifying the types of conceptual understandings of gas behavior held by Grade 9 students who completed ISR and IDR. Identifying the types of conceptual understandings of gas behavior for each student both before and after the implementation of the ISR or IDR enabled a basis for observing each student's own progress and for comparing the effectiveness of two inquiry instructions implemented. Table 3.4 provides details related to seven types of understandings and a coding-criteria set.

The coding framework for conceptual understanding types was grounded in constructivist learning theory, which emphasizes that learners actively construct knowledge based on their prior experiences and understandings (Driver & Oldham, 1986; Piaget, 1971; Vygotsky, 1978;). Similarly, the categorization of students' conceptual understandings was guided by conceptual change theories (Posner et al., 1982), which suggest that students often hold alternative conceptions that are resistant to change through traditional instruction (Taşlıdere, 2013).

The final set of categories emerged after a comprehensive analysis of the data. In this study, the research conducted by Adadan (2006) provided the initial categories for types of conceptual understandings. The categories developed for the particulate nature of matter in Adadan's study were modified to align with the patterns observed in the current data. For instance, while the initial coding scheme included six types of conceptual understanding, a new category, "scientific understanding 2 with alternative fragments," was introduced based on the patterns observed in the current data (see Table 3.4).

The coding process involved multiple rounds of coding and revisions, considering the recurring patterns in the data. Students' alternative conceptions regarding gas behavior (Aydeniz et al., 2012; Cetin, 2009; Chao, et al., 2016; Chiu et al., 2015; Geban, 2012;

Kirbulut, 2012; Levy & Wilensky, 2009) informed the development of the initial coding scheme. However, as the analysis progressed, some alternative conceptions with very low frequencies were merged into similar categories. The codes, both scientific and alternative, did not emerge randomly but rather through a systematic process that combined insights from previous literature with the patterns observed in the current data. This approach ensured that the final coding scheme was both data-driven and theoretically grounded.

Table 3.4. Types of conceptual understandings and coding key.

Types of Understanding	Codes	Criteria
Scientific Understanding		Includes all components of scientific conceptions. The scientific conceptions arise from the data below:
	Sci_MC	Gases have mass and volume
	Sci_DefnP	Pressure is the frequency of gas particles colliding with the walls of the container per unit time.
	Sci_Uni	Particles of gases move in all directions and spread out to fill the container that they are in
	Sci_Comp	Gases are compressible due to empty spaces between particles.
	Sci_KE	Gas particles start moving faster when heated and start moving slower when cooled
	Sci_PVT_B	At constant temperature (T) and the number of particles (n); the pressure (P) of a gas is inversely proportional to its volume (V).
	Sci_PVT_C	At constant pressure (P) and the number of particles (n); volume (V) of a gas is directly proportional to its temperature (T).
	Sci_PVT_G	At constant volume (V) and number of particles (n), the pressure(P) of a gas is directly proportional to its temperature (T).
	Sci_Eq	At constant (external) pressure (P), when temperature (T) is changed, gases expand/contract to equalize internal pressure to external pressure
Scientific Fragments		Includes a subset of scientific conceptions with no alternative conception.
Scientific Understanding 1 with Alternative Fragments		Includes a subset of six or more scientific conceptions (Sci_DefnP, and at least two of the gas laws, Sci_PVT_B, Sci_PVT_C and Sci_PVT_G must be present.) with at most two alternative conceptions.

Table 3.4. Types of Conceptual Understandings and coding key (cont.).

Scientific Understanding 2 with Alternative Fragments		Includes a subset of four or more scientific conceptions (Sci_DefnP and at least one of the gas laws, Sci_PVT_B, Sci_PVT_C and Sci_PVT_G must be present) with at most three alternative conceptions.
Alternative Understanding with Scientific Fragments		Includes a subset of scientific conceptions, along with three or more alternative conceptions. (See Alternative Understanding)
Alternative Understanding		Include a subset of alternative conceptions (at least four or more alternative fragments) with at most three scientific conceptions. The alternative conceptions arise from the data follow:
	Alt_MC1	Gases have no mass.
	Alt_MC2	Gases are invisible and do not show the properties of matter.
	Alt_MC3	Cold air weighs more than hot air.
	Alt_MC4	Hot air weighs more than cold air.
	Alt_MC5	When a liquid changes its physical state to a gas, it loses weight.
	Alt_Uni1	As the temperature increases, gas particles rise and distribute only or mostly on the upper part of the container.
	Alt_Uni2	As the temperature decreases, gas particles settle down and distribute only or mostly on the lower part of the container.
	Alt_Uni3	As the temperature decreases, gas particles distribute only on the walls of the container.
	Alt_Size1	Size of a particle changes with the change in the pressure.
	Alt_Size2	Size of a particle changes with the change in the temperature.
	Alt_Comp	When a gas is compressed, the particles of a gas stick to one end and/or do not move.
	Alt_PVT_B1	When volume increases, particles slow down/kinetic energy decreases.
	Alt_PVT_B2	When volume decreases, particles move faster/kinetic energy increases or particles move slower/kinetic energy decreases.
	Alt_PVT_C	At constant pressure, as the temperature changes, the pressure of a gas changes but there is either no change or inverse change in the volume of a gas.
	Alt_PVT_G	When the temperature increases, the pressure decreases or does not change; or when the temperature decreases, pressure increases or does not change.
	Alt_Eq	When the temperature changes, atmospheric pressure also changes.
No Understanding		Includes a subset of alternative conception with no scientific conceptions

Note: 'Sci_KE: Gas particles move faster when heated and move slower when cooled,' was not explicitly assessed in TGCT but was evaluated through questions related to Charles' and Gay-Lussac's laws (see Appendix A for questions 3, 4, 7, 8, 11 and 12)
'Sci_Eq: At constant (external) pressure, when temperature changes, gases expand or contract to equalize internal pressure with external pressure' was neither directly instructed nor explicitly assessed; it was addressed within the scope of Charles' law (see Appendix A for questions 3, 7, and 12).

In the current study “fragments” refer to one or more conceptions related to either alternative understanding or scientific understanding but not all. For example, “scientific fragments” refer to the presence of some codes necessary for scientific understanding, but the absence of any alternative understanding codes.

The second research question of the study explores how the types of conceptual understanding of gas behavior among Grade 9 students differ before and after instruction for both the ISR and IDR groups. To statistically examine the changes in the previously established seven qualitative types of conceptual understanding, numerical values were assigned to each category based on a continuum from the most to the least scientific (see Table 3.5). A sign test was then conducted using SPSS software to analyze the changes in students’ understanding.

Table 3.5. Coding for the sign test

Types of conceptual Understanding	***Assigned number for the analysis***
Scientific Understanding	6
Scientific Fragments	5
Scientific Understanding 1 with Alternative Fragments	4
Scientific Understanding 2 with Alternative Fragments	3
Alternative Understanding with Scientific Fragments	2
Alternative Understanding	1
No Understanding	0

Quantitative Coding. For the quantitative analysis of the students’ TGCT responses, a rubric was developed that outlined the underlying scientific knowledge required to construct explanations at the particulate level for each question. Scoring was conducted based on this rubric. The participants’ responses to the first tier of the TGCT were scored as 1 point each. Verbal explanations provided in the second tier were evaluated based on a rubric developed for each question, which included the necessary scientific knowledge units. Each unit was assigned a value of 1 point. The total weight of each item ranged from

one to four points, depending on the number of units required by the task (combining both the first and second tiers), resulting in a maximum possible score of 40. (See Appendix B)

To address the second research question, utilizing the numerical scores from the quantitative coding of the data, an additional statistical analysis was conducted to explore within-group differences from pretest to posttest for both the ISR and IDR groups. Specifically, dependent samples t-tests were performed separately for each group to observe changes following the instruction.

The third research question examines how the two groups compare in terms of their conceptual understanding of gas behavior just before and immediately after the instruction. In order to compare the two groups, numerical scores from the quantitative coding of the data were calculated, and the independent samples t-tests were applied for both the pretest and posttest scores.

The fourth research question focused on examining the frequency of alternative conceptions observed in both the ISR and IDR groups before and after the instruction. Accordingly, in connection with the first research question, the frequencies of each alternative conception were calculated for both the pre and postinstruction phases for both ISR and IDR groups (see Table 3.4 for the description of alternative conceptions).

These frequencies were determined by calculating the percentage of students in each group who demonstrated a particular alternative conception. In other words, the calculation was made using the following formula:

$$\text{Frequency (\%)} = \frac{Number\ of\ students\ who\ demonstrated\ the\ alternative\ conception}{Total\ number\ of\ students\ in\ the\ group}\ x\ 100$$

3.6. Validity and Reliability

To ensure the validity and reliability of the study, the researcher employed various methods throughout the research process. This section provides detailed explanations of these methods.

3.6.1. Validity and Reliability of Two-Tier Gases Concept Test (TGCT)

During the development of the test, items were selected from previously validated scales reported in the literature (see Appendix A for the details for each question in TGCT). To refine the language, phrasing, and timing of the test, a pilot study was conducted with 98 students, yielding a Cronbach's alpha of .640. The TGCT was subsequently administered to students in the current study, resulting in Cronbach's alpha values of .718 for the pretest and .615 for the posttest. For the posttest the order of questions and multiple choices have been changed to minimize the effects of memorization and test-retest bias.

To prevent students from memorizing the questions and answers, two measures were taken. First, there was an eight-week interval between the pretest and posttest, which reduces the likelihood of rote memorization of the questions and answers. Additionally, the test was designed as a two-tier assessment, requiring students to provide explanations at the particulate level. Therefore, mere memorization was not sufficient to answer the questions accurately.

The content validity of Two-tier Gases Concept Test was established by a panel of experts, including two chemistry teachers and a science education researcher holding a doctorate degree in science education.

3.6.2. Intercoder Agreements and Reliability

To ensure the reliability of the qualitative coding process, intercoder agreement was calculated. Fifteen percent of the data from the pre-test, post-test and interviews were chosen randomly and independently coded by the researcher and a PhD student. The level of agreement was calculated as 90 % (19 out of 20 decisions regarding the type of conceptual understanding). Differences in coding were resolved through discussion to maintain consistency and minimize subjectivity throughout the process.

To enhance the reliability of the quantitative scoring process, intercoder agreement was assessed. A random sample comprising twenty-eight percent of the data from the pre-test, post-test, and interviews was independently coded by the researcher and a PhD student. The agreement level was calculated as 95.6%. Any discrepancies were addressed through discussion to ensure consistency and minimize subjectivity in the coding process.

3.6.3. Intra-coder Agreements and Reliability

Intra-coder reliability measures whether the same coder applies codes consistently to a dataset over time. It assesses the coder's reliability in maintaining consistency in their coding decisions (Mayring, 2014). This method is particularly important in qualitative data analysis to ensure the robustness of coding.

For intra-coder reliability, the researcher coded the same dataset twice with a five-year interval between the two coding sessions. The agreement between the two coding results was then determined to assess consistency. The agreement between the first and second coding was evaluated using *percentage agreement,* which measures the proportion of times the coder applied the same codes in both coding sessions.

The intra-coder agreement between the first and second coding was determined to be 90.8 %. The 9.2% discrepancy mostly stemmed from the need to define a new code (Sci_Macro_PVT_C) during the second coding session for cases where students' explanations were correct but did not reference all particulate level components of Charles' Law. Upon evaluation, it was decided that rather than introducing a new code, explanations

lacking any particulate level components would not qualify for the Sci_PVT_C code. (For example, a response from a student stating (Student 4 - Post-TGCT - Q12): "As the temperature decreases, the force acting on a single point in the balloon per unit time decreases. Consequently, the pressure and volume also decrease." would provide Sci_DefnP but not Sci_PVT_C). All disagreements between first and second coding results were rechecked and finally reached a 100 % agreement.

3.6.4. Avoiding Researcher's Bias

Several precautions were taken to reduce potential researcher bias throughout the study, particularly during instruction, data collection, and analysis phases. First, none of the collected data was fully analyzed before both instructional processes were completed. This approach helped prevent any unconscious bias from affecting the way researcher interpreted the results from either group.

Second, both instructions were delivered through a *co-teaching method,* where researcher worked together with the students' regular classroom teacher. This collaboration ensured that the planned activities were applied consistently across both groups and that no particular instruction was unintentionally favored. The presence of the regular teacher also helped maintain the usual classroom environment, reducing the risk of students being influenced by the novelty of a new teacher.

To further minimize bias, *interviews* were conducted with an equal number of students from both groups. The purpose of these interviews was to ensure that students' answers in the post-test were not random choices but reflected their actual understanding. During these interviews, a *neutral tone* was carefully maintained to avoid leading the students toward specific responses.

These steps were taken to ensure that the study remains as objective and unbiased as possible, providing reliable insights into the impact of different instructional approaches.

3.6.5. Ethical Issues

Necessary permissions for this study were obtained from the Istanbul Provincial Directorate of National Education as shown in Appendix C. Prior to their participation, all students were thoroughly informed about the study, including its purpose, procedures, and confidentiality measures.

Confidentiality was ensured by conducting confirmatory interviews in a private setting, with only the researcher and the respective student present. Further, no personal information, such as students' age, gender, academic performance, or opinions about the content, was shared with any third parties. Additionally, strict measures were taken to ensure that participants' personal data remained protected throughout the research process.

The study posed no risk of causing physical, emotional, economic, or social harm to the participants. All necessary precautions were taken to prevent any potential risks that could negatively impact the students' well-being.

Moreover, students were explicitly assured that their participation in the study, including any interactions during or outside the classroom, would have no influence on their academic grades. This assurance was emphasized to eliminate any concerns about potential academic consequences, ensuring that students participated voluntarily and without external pressures.

4. FINDINGS

In this chapter, findings regarding students' understanding of gas behavior will be presented within the framework of the research questions for both ISR and IDR groups.

4.1. Types of Conceptual Understandings

Seven types of conceptual understandings about gas behavior emerged from the data in the current study. Types of conceptual understandings can be listed as *scientific understanding, scientific fragments, scientific understanding 1 with alternative fragments, scientific understanding 2 with alternative fragments, alternative understanding with scientific fragments, alternative understanding* and *no understanding;* from the most scientific to the least scientific. The criteria for each type of conceptual understanding were explained in detail in Chapter 3 (see Table 3.4).

Research Question 1a: What are the types of conceptual understandings held by Grade 9 students about gas behavior just before and immediately after the completion of inquiry instruction with static particulate representations (ISR)?

Before the ISR Instruction. It was observed that prior to the instructional intervention, namely inquiry instruction with static particulate representations (ISR), students held certain alternative conceptions about gas behavior. Since all the students exhibited one or more alternative conceptions before the ISR intervention, the types of understanding of neither scientific nor scientific fragments was observed prior to the instruction.

Table 4.1 summarizes the frequencies of the types of understanding held by the ISR group. As shown in the Table 4.1, before the ISR instruction, only 5 of the 30 students (16.7%) in this group demonstrated *"scientific understanding 1with alternative fragments,"* where six or more scientific conceptions occurred with the presence of at most two alternative conceptions. Similarly, only 6 students (20.0%) demonstrated *"scientific*

understanding 2 with alternative fragments," where four or more scientific conceptions occurred with the presence of at most three alternative conceptions. Before the ISR instruction, the majority of the students (19 out of 30 students; 63.3%) demonstrated either *alternative understanding with scientific fragments, alternative understanding,* or *no understanding.* Twelve students (40.0%) showed *alternative understanding with scientific fragments,* where a subset of scientific conceptions occurred with three or more alternative conceptions. Six students (20.0%) showed *alternative understanding,* where four or more alternative conceptions occurred together with at most three scientific conceptions. One of the students (3.3%) did not believe in the particulate nature of "invisible" gas, and the response 'gas cannot behave as a matter' was repeated for each question. This is why this student's type of understanding categorized as having *no understanding.*

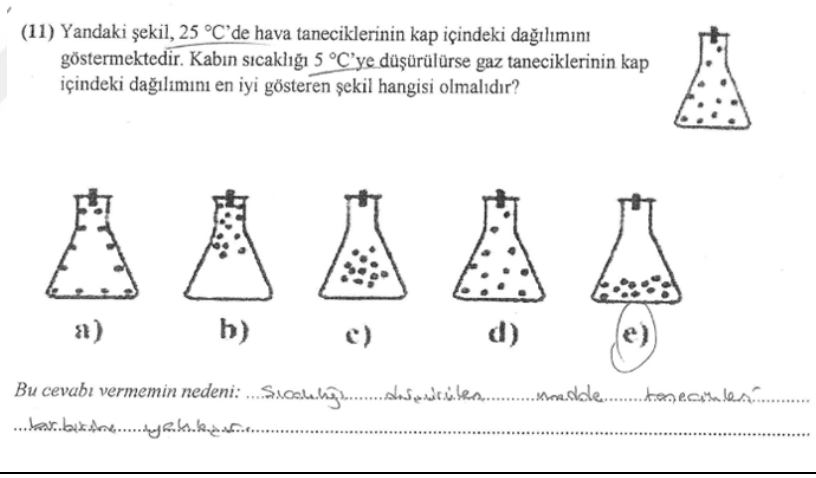
Table 4.1. Summary of types of conceptual understandings for the ISR group

ISR Group	**Pretest**		**Posttest**	
	f	**%**	**f**	**%**
Scientific understanding	0	0	4	13.3
Scientific fragments	0	0	3	10.0
Scientific understanding 1 w/ alternative fragments	5	16.7	6	20.0
Scientific understanding 2 w/ alternative fragments	6	20.0	12	40.0
Alternative understanding w/ scientific fragments.	12	40.0	5	16.7
Alternative understanding	6	20.0	0	0
No understanding	1	3.3	0	0
Total	30	100.0	30	100.0

After the ISR Instruction. As shown in the Table 4.1, seven out of 30 students demonstrated either *scientific understanding* (4 students, 13.3%) or *scientific fragments* (3 students, 10.0%), where no alternative conception occurred. From the most scientific to the least scientific, six students (20.0%) demonstrated *scientific understanding 1 alternative fragments*, while twelve students (40.0%) demonstrated *scientific understanding 2 with alternative fragments*, and five students (16.7%) demonstrated *alternative understanding with scientific fragments*. After the ISR instruction, no students exhibited either *alternative understanding* or *no understanding.*

In this section, the change in the types of conceptual understandings before and after the ISR will be examined through two students: Student 26 and Student 31.

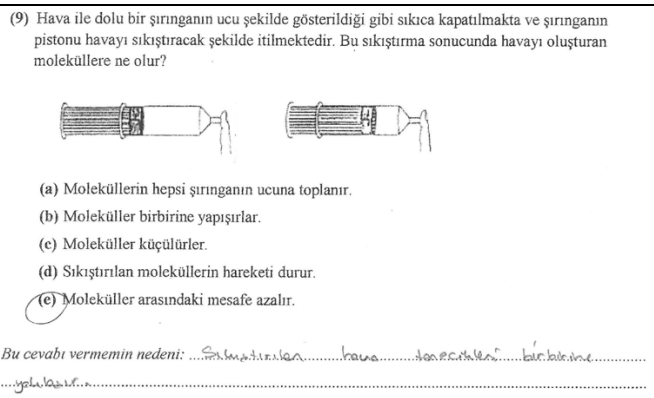
Student 26 (ISR) - Pretest Responses:



Alt_Uni2

"The particles of the substance move closer to each other when the temperature decreases."

Figure 4.1. Sample responses from an ISR group student to the pretest.



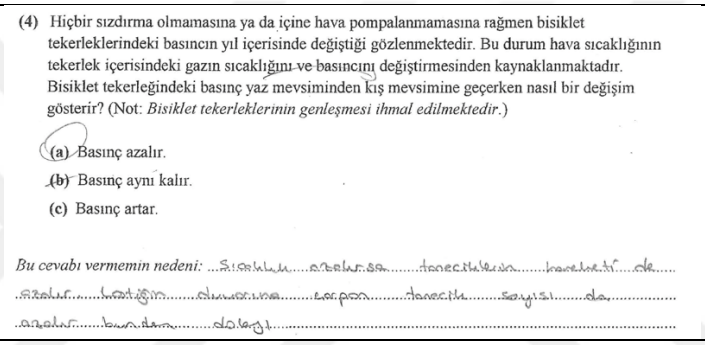
(9) Hava ile dolu bir şırınganın ucu şekilde gösterildiği gibi sıkıca kapatılmakta ve şırınganın pistonu havayı sıkıştıracak şekilde itilmektedir. Bu sıkıştırma sonucunda havayı oluşturan moleküllere ne olur?

(a) Moleküllerin hepsi şırınganın ucuna toplanır.
(b) Moleküller birbirine yapışırlar.
(c) Moleküller küçülürler.
(d) Sıkıştırılan moleküllerin hareketi durur.
(e) Moleküller arasındaki mesafe azalır.

Bu cevabı vermemin nedeni: Sıkıştırılan hava tanecikleri birbirine yaklaşır.

Sci_Comp

"Compressed air particles move closer to each other."



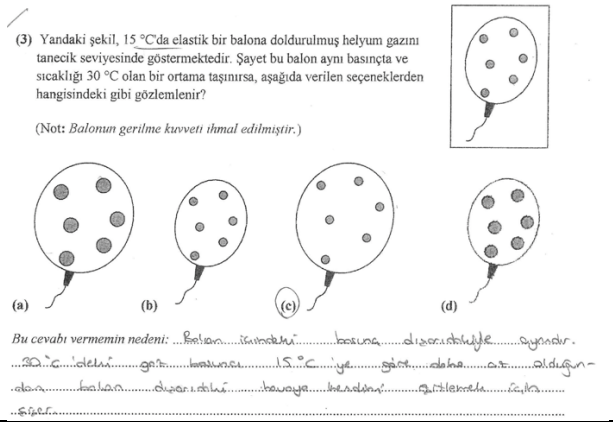
(4) Hiçbir sızdırma olmamasına ya da içine hava pompalanmamasına rağmen bisiklet tekerleklerindeki basıncın yıl içerisinde değiştiği gözlenmektedir. Bu durum hava sıcaklığının tekerlek içerisindeki gazın sıcaklığını ve basıncını değiştirmesinden kaynaklanmaktadır. Bisiklet tekerleğindeki basınç yaz mevsiminden kış mevsimine geçerken nasıl bir değişim gösterir? (Not: *Bisiklet tekerleklerinin genleşmesi ihmal edilmektedir.*)

(a) Basınç azalır.
(b) Basınç aynı kalır.
(c) Basınç artar.

Bu cevabı vermemin nedeni: Sıcaklık azalırsa tanecikler hareketi de azalır. Hareketin duvarına çarpan tanecik sayısı da azalır. Bundan dolayı

Sci_KE; Sci_DefnP; Sci_PVT_G

"If the temperature decreases, the movement of the particles also decreases. As a result, the number of particles hitting the wall of the tire also decreases."



(3) Yandaki şekil, 15 °C'da elastik bir balona doldurulmuş helyum gazını tanecik seviyesinde göstermektedir. Şayet bu balon aynı basınçta ve sıcaklığı 30 °C olan bir ortama taşınırsa, aşağıda verilen seçeneklerden hangisindeki gibi gözlemlenir?

(Not: *Balonun gerilme kuvveti ihmal edilmiştir.*)

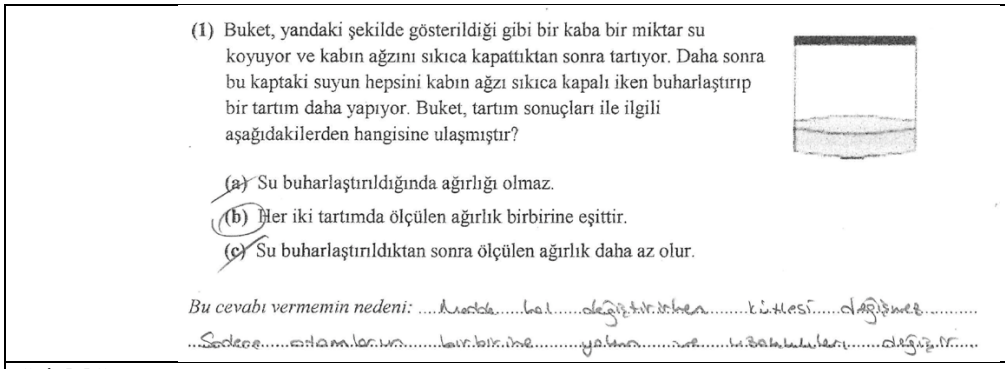
(a) (b) (c) (d)

Bu cevabı vermemin nedeni: Balon içindeki basınç dışarıdaki ile aynıdır. 30 °C'deki gaz basıncı 15 °C'ye göre daha az olduğundan dolayı balon dışarıdaki havaya kendini eşitlemek için şişer.

Sci_Eq

"The pressure inside the balloon is the same as the pressure outside. Since the gas pressure at 30°C is lower than at 15°C, the balloon inflates to equalize itself with the outside air."

Figure 4.1. Sample responses from an ISR group student to the pretest (cont.).



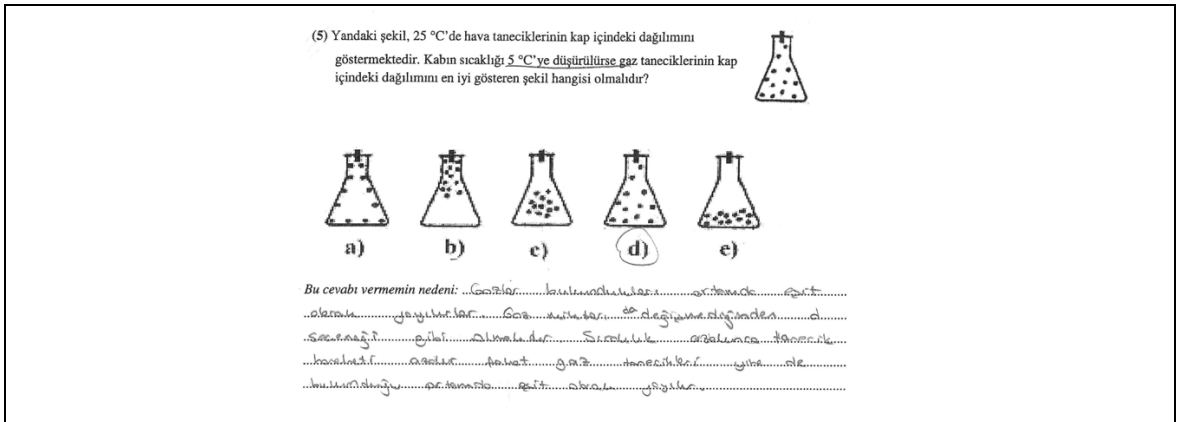
Sci_MC

"The mass of a substance does not change during a phase change. Only the distance between the atoms changes."

Figure 4.1. Sample responses from an ISR group student to the pretest (cont.).

A total of seven scientific conceptions and one alternative conception were observed in pretest for Student 26: *Sci_MC; Sci_KE; Sci_PVT_G; Sci_DefnP; Sci_Comp; Sci_Uni; Sci_Eq; Alt_Uni2.* According to the coding scheme (see Table 3.4), the student's type of conceptual understanding is classified as *scientific understanding 1 with alternative fragments.*

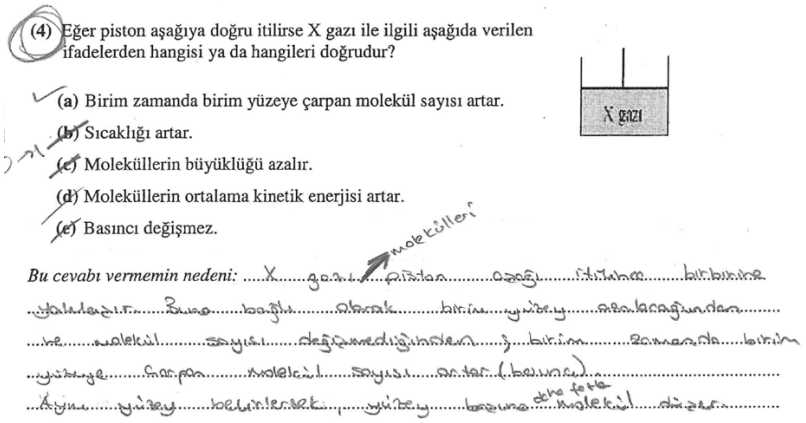
Student 26 (ISR) - Posttest Responses:



Sci_Uni; Sci_KE

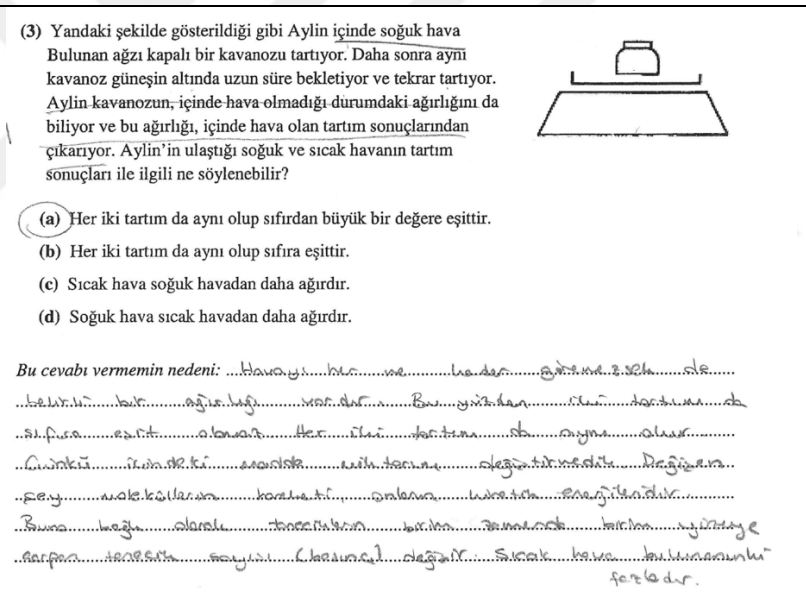
"Gases spread evenly in the environment they are in. Since the amount of gas does not change, it should be like option D. Although the particle movement is slower when the temperature decreases, gas particles still spread evenly in the environment."

Figure 4.2. Sample responses from an ISR group student to the posttest.



Sci_DefnP; Sci_PVT_B

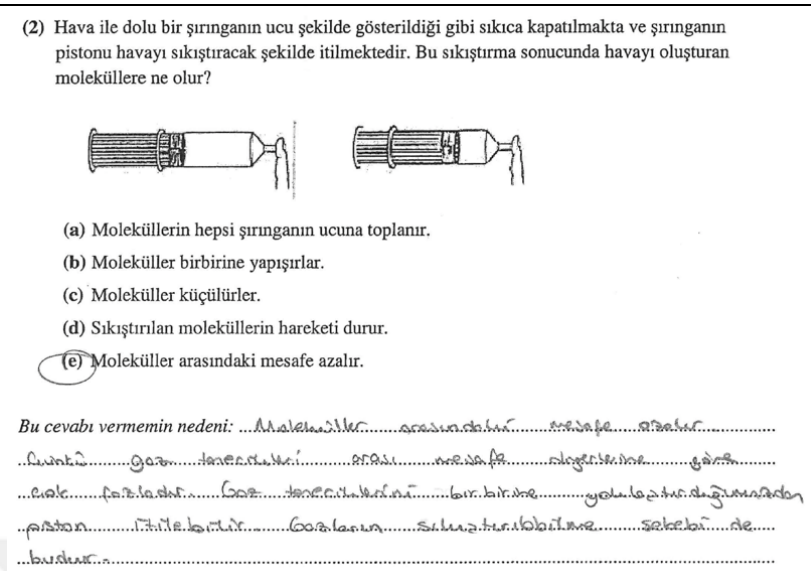
"When the piston is pushed down, the X gas molecules move closer to each other. As a result, the surface area decreases, and since the number of molecules remains the same, the number of molecules hitting the unit surface per unit time increases (pressure). If we consider the same surface area, more molecules will hit that surface."



Sci_MC; Sci_KE; Sci_DefnP; Sci_PVT_G

"Although we cannot see air, it has a certain weight. Therefore, neither of the measurements can be equal to zero. Both measurements will be the same because we did not change the amount of substance inside. What changed is the movement of the molecules, their kinetic energy. Accordingly, the number of particles hitting the unit surface per unit time (pressure) changes. The one containing hot air has a higher pressure."

Figure 4.2. Sample responses from an ISR group student to the posttest (cont.).



(2) Hava ile dolu bir şırınganın ucu şekilde gösterildiği gibi sıkıca kapatılmakta ve şırınganın pistonu havayı sıkıştıracak şekilde itilmektedir. Bu sıkıştırma sonucunda havayı oluşturan moleküllere ne olur?

(a) Moleküllerin hepsi şırınganın ucuna toplanır.
(b) Moleküller birbirine yapışırlar.
(c) Moleküller küçülürler.
(d) Sıkıştırılan moleküllerin hareketi durur.
(e) Moleküller arasındaki mesafe azalır.

Bu cevabı vermemin nedeni: Moleküller arasındaki mesafe azalır. Çünkü gaz tanecikleri arası mesafe oldukça çok fazladır. Gaz tanecikleri birbirine yaklaştırıldığında piston tüle bir gaz sıkıştırılabilme sebebi de budur.

Sci_Comp

"The distance between molecules decreases because the distance between gas particles is much greater compared to other states of matter. The piston can be pushed because gas particles can be brought closer to each other. This is also the reason why gases are compressible."

(11) Yandaki şekil, 15 °C'da elastik bir balona doldurulmuş helyum gazını tanecik seviyesinde göstermektedir. Şayet bu balon aynı basınçta ve sıcaklığı 30 °C olan bir ortama taşınırsa, aşağıda verilen seçeneklerden hangisindeki gibi gözlemlenir?

(Not: *Balonun gerilme kuvveti ihmal edilmiştir.*)

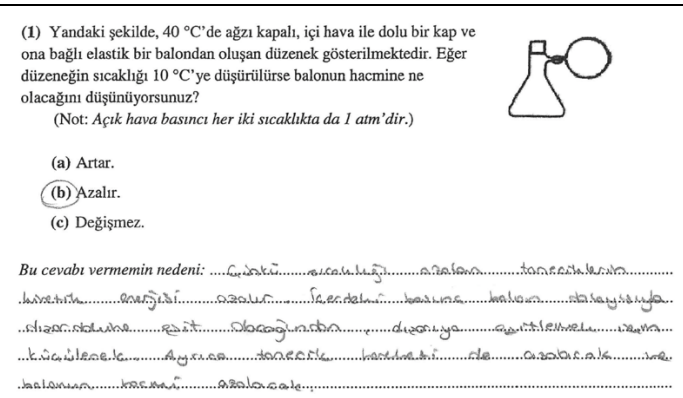
(a) (b) (c) (d)

Bu cevabı vermemin nedeni: Sıcaklığı artırdığımızda parçacıkların kinetik enerjisi ve hareketi artacağı için bu parçacıklar balonun içeriden dışarıya doğru daha hızlı çarpacak ve balon genişleyecek.

Sci_KE; Sci_PVT_C

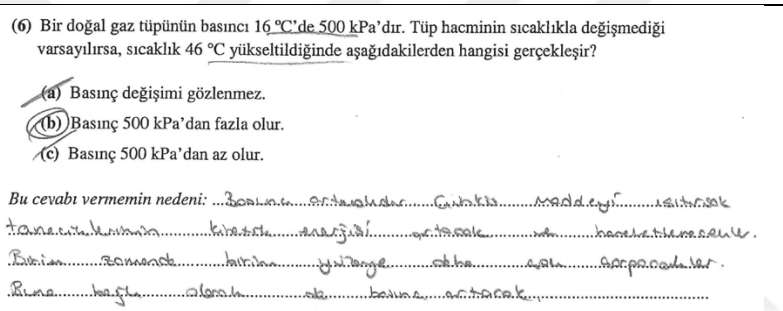
"As the temperature increases, the kinetic energy and movement of the particles will also increase. Consequently, the particles with increased movement will hit the inner wall of the balloon faster, causing the balloon to expand."

Figure 4.2. Sample responses from an ISR group student to the posttest (cont.).



Sci_KE; Sci_Eq; Sci_PVT_C

"Because the kinetic energy of the particles decreases as the temperature drops. Since the internal pressure is equal to the outside pressure due to the balloon, it will shrink to equalize with the outside. Additionally, the movement of the particles will decrease, and the volume of the balloon will reduce."



Sci_KE; Sci_DefnP; Sci_PVT_G

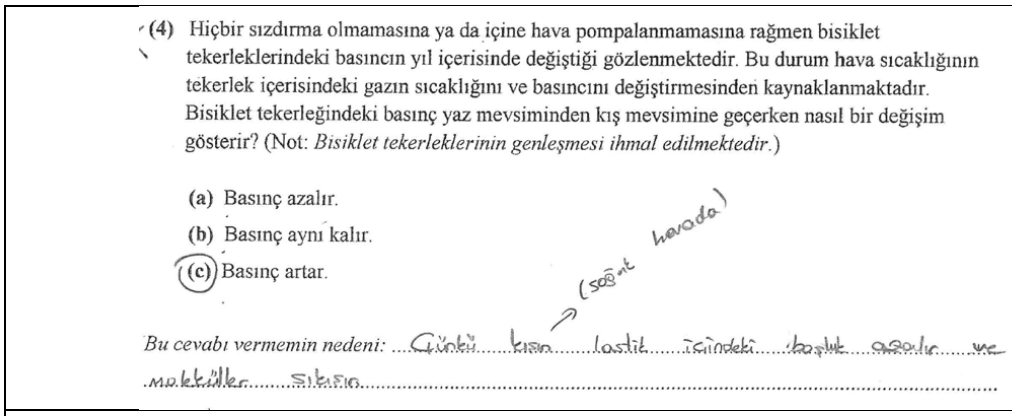
"The pressure should increase because when we heat the substance, the kinetic energy of the particles will increase, and they will move more. As a result, more particles will hit the unit surface per unit time. Accordingly, the pressure will increase."

Figure 4.2. Sample responses from an ISR group student to the posttest (cont.).

A total of nine scientific conceptions and no alternative conceptions were observed in the posttest for Student 26: *Sci_MC; Sci_KE; Sci_PVT_G; Sci_PVT_C; Sci_PVT_B; Sci_DefnP; Sci_Comp; Sci_Eq and Sci_Uni;* According to the coding scheme (see Table 3.4), the student's type of conceptual understanding was classified as *scientific understanding.*

The progress for this particular student was from *scientific understanding 1 with alternative fragments* to *scientific understanding* by eliminating *Alt_Uni2* and qualifying for *Sci_PVT_C* from the pretest to the posttest.

Student 31 (ISR) – Pretest Responses:



(4) Hiçbir sızdırma olmamasına ya da içine hava pompalanmamasına rağmen bisiklet tekerleklerindeki basıncın yıl içerisinde değiştiği gözlenmektedir. Bu durum hava sıcaklığının tekerlek içerisindeki gazın sıcaklığını ve basıncını değiştirmesinden kaynaklanmaktadır. Bisiklet tekerleğindeki basınç yaz mevsiminden kış mevsimine geçerken nasıl bir değişim gösterir? (Not: *Bisiklet tekerleklerinin genleşmesi ihmal edilmektedir.*)

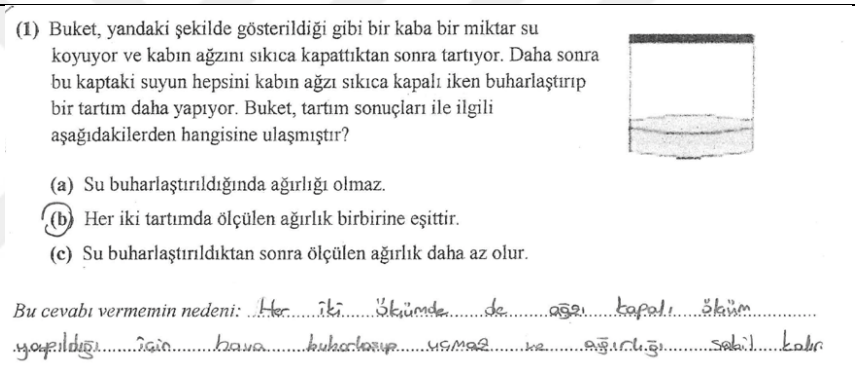
(a) Basınç azalır.
(b) Basınç aynı kalır.
(c) Basınç artar.

(soğuk hava)

Bu cevabı vermemin nedeni: Çünkü kışın lastik içindeki boşluk azalır ve moleküller sıkışır.

Alt_PVT_G

"Because in winter (in cold weather), the empty space inside the tire decreases, and the molecules become compressed (and pressure increases)."



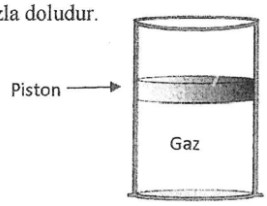
(1) Buket, yandaki şekilde gösterildiği gibi bir kaba bir miktar su koyuyor ve kabın ağzını sıkıca kapattıktan sonra tartıyor. Daha sonra bu kaptaki suyun hepsini kabın ağzı sıkıca kapalı iken buharlaştırıp bir tartım daha yapıyor. Buket, tartım sonuçları ile ilgili aşağıdakilerden hangisine ulaşmıştır?

(a) Su buharlaştırıldığında ağırlığı olmaz.
(b) Her iki tartımda ölçülen ağırlık birbirine eşittir.
(c) Su buharlaştırıldıktan sonra ölçülen ağırlık daha az olur.

Bu cevabı vermemin nedeni: Her iki ölçümde de ağzı kapalı ölçüm yapıldığı için hava kuhcloşup uçmaz ve ağırlığı sabit kalır

Sci_MC

"Since both measurements are taken with the container sealed, the air does not disappear by evaporating, and the weight remains constant."



(6) Şekildeki kap, normal koşullarda (0 °C ve 1 atm) bir miktar gazla doludur. Bu gaz ısıtıldığında hareketli piston nasıl hareket eder?

(Not: *Açık hava basıncı her iki durumda da 1 atm'dir. Hareketli piston sürtünmesizdir.*)

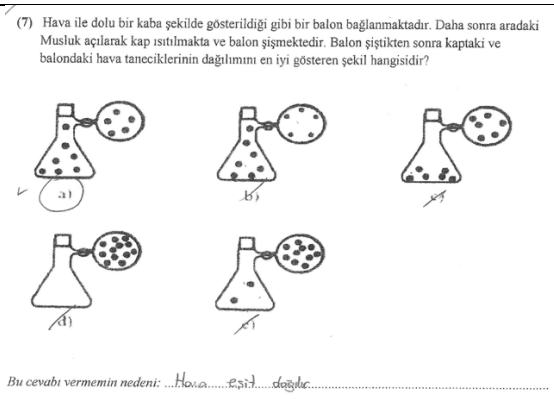
(a) Aşağıya doğru hareket eder.
(b) Hareket etmez.
(c) Yukarıya doğru hareket eder.

Bu cevabı vermemin nedeni: Isınan hava genişler ve alan büyür

Not enough information for coding is provided

"Heated air expands, and the volume increases."

Figure 4.3. Sample responses from another ISR group student to the pretest.

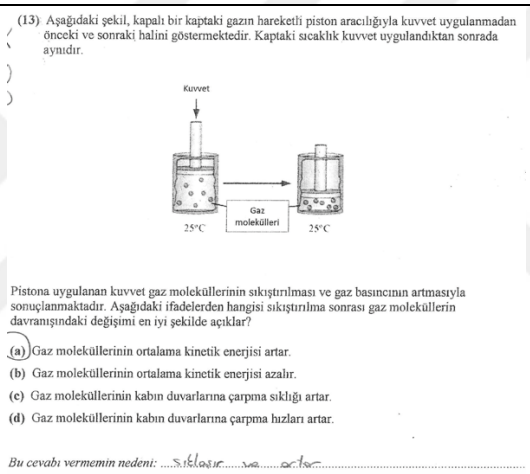

(7) Hava ile dolu bir kaba şekilde gösterildiği gibi bir balon bağlanmaktadır. Daha sonra aradaki Musluk açılarak kap ısıtılmakta ve balon şişmektedir. Balon şiştikten sonra kaptaki ve balondaki hava taneciklerinin dağılımını en iyi gösteren şekil hangisidir?

a) b) c) d) e)

Bu cevabı vermemin nedeni: Hava eşit dağılır

Sci_Uni

"Air spreads evenly."


(13) Aşağıdaki şekil, kapalı bir kaptaki gazın hareketli piston aracılığıyla kuvvet uygulanmadan önceki ve sonraki halini göstermektedir. Kaptaki sıcaklık kuvvet uygulandıktan sonrada aynıdır.

Kuvvet

Gaz molekülleri

25°C 25°C

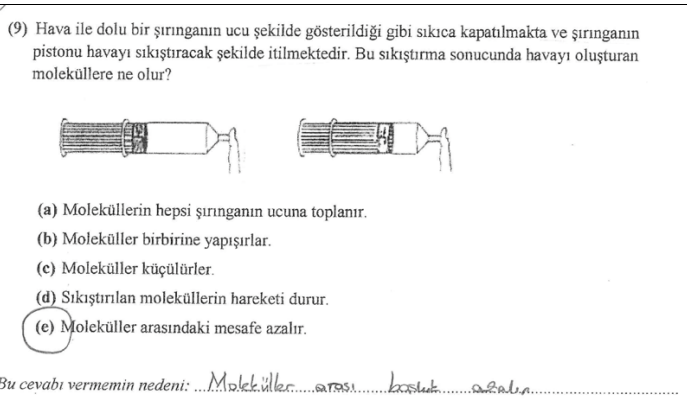
Pistona uygulanan kuvvet gaz moleküllerinin sıkıştırılması ve gaz basıncının artmasıyla sonuçlanmaktadır. Aşağıdaki ifadelerden hangisi sıkıştırılma sonrası gaz moleküllerin davranışındaki değişimi en iyi şekilde açıklar?

(a) Gaz moleküllerinin ortalama kinetik enerjisi artar.
(b) Gaz moleküllerinin ortalama kinetik enerjisi azalır.
(c) Gaz moleküllerinin kabın duvarlarına çarpma sıklığı artar.
(d) Gaz moleküllerinin kabın duvarlarına çarpma hızları artar.

Bu cevabı vermemin nedeni: sıkışır ve artar

Alt_PVT_B2

"It gets denser and increases."


(9) Hava ile dolu bir şırınganın ucu şekilde gösterildiği gibi sıkıca kapatılmakta ve şırınganın pistonu havayı sıkıştıracak şekilde itilmektedir. Bu sıkıştırma sonucunda havayı oluşturan moleküllere ne olur?

(a) Moleküllerin hepsi şırınganın ucuna toplanır.
(b) Moleküller birbirine yapışırlar.
(c) Moleküller küçülürler.
(d) Sıkıştırılan moleküllerin hareketi durur.
(e) Moleküller arasındaki mesafe azalır.

Bu cevabı vermemin nedeni: Moleküller arası boşluk azalır

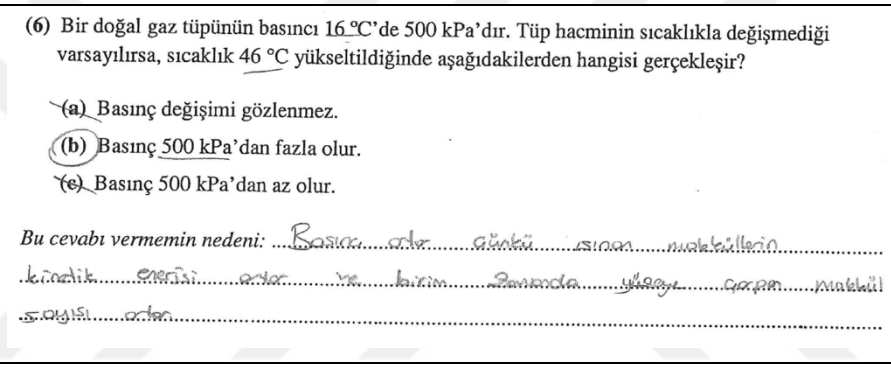
Sci_Comp

"The space between the molecules decreases."

Figure 4.3. Sample responses from an ISR group student to the pretest (cont.).

A total of three scientific conceptions and two alternative conceptions were observed in the pretest for Student 31: *Sci_MC; Sci_Comp; Sci_Uni; Alt_PVT_B2;* and *Alt_PVT_G.* According to the coding scheme (see Table 3.4), the student's type of conceptual understanding was classified as *alternative understanding with scientific fragments* which is also the type of conceptual understanding most commonly observed in the ISR group prior to instruction.

Student 31 (ISR) – Posttest Responses:

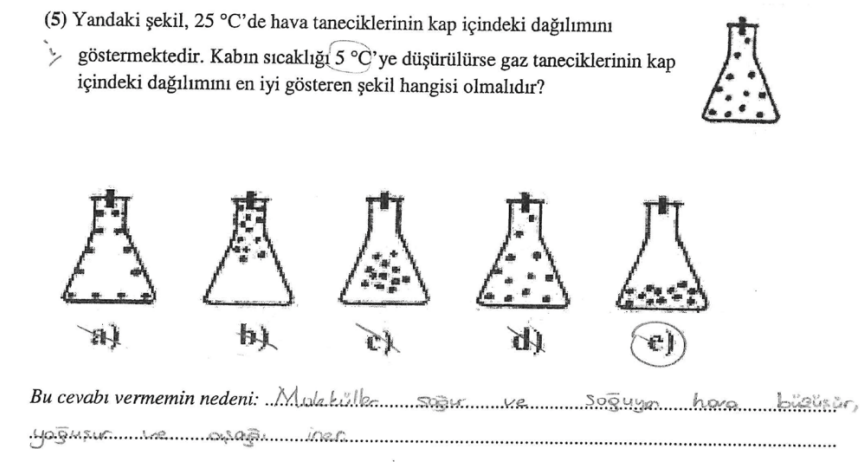

(6) Bir doğal gaz tüpünün basıncı 16 °C'de 500 kPa'dır. Tüp hacminin sıcaklıkla değişmediği varsayılırsa, sıcaklık 46 °C yükseltildiğinde aşağıdakilerden hangisi gerçekleşir?

(a) Basınç değişimi gözlenmez.
(b) Basınç 500 kPa'dan fazla olur.
(c) Basınç 500 kPa'dan az olur.

Bu cevabı vermemin nedeni: Basınç artar çünkü sıcak molekülerin kinetik enerisi artar ve birim zamanda yüzey çarpan molekül sayısı artar.

Sci_KE; Sci_DefnP; Sci_PVT_C

"The pressure increases because the kinetic energy of the heated molecules increases, and the number of molecules hitting the surface per unit time also increases."


(5) Yandaki şekil, 25 °C'de hava taneciklerinin kap içindeki dağılımını göstermektedir. Kabın sıcaklığı 5 °C'ye düşürülürse gaz taneciklerinin kap içindeki dağılımını en iyi gösteren şekil hangisi olmalıdır?

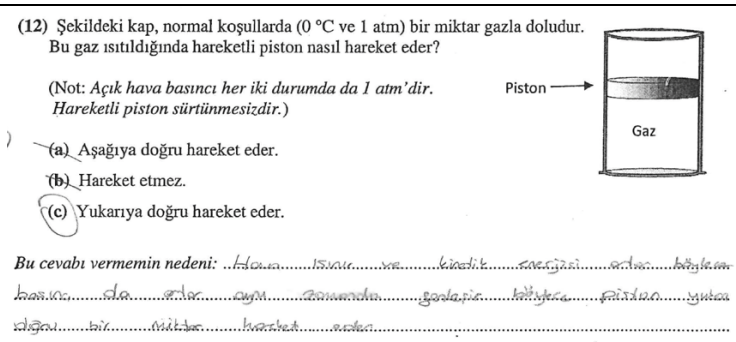
a) b) c) d) e)

Bu cevabı vermemin nedeni: Molekülle soğur ve soğuyan hava büzüşür, yoğunsur ve aşağı inar.

Alt_Uni2

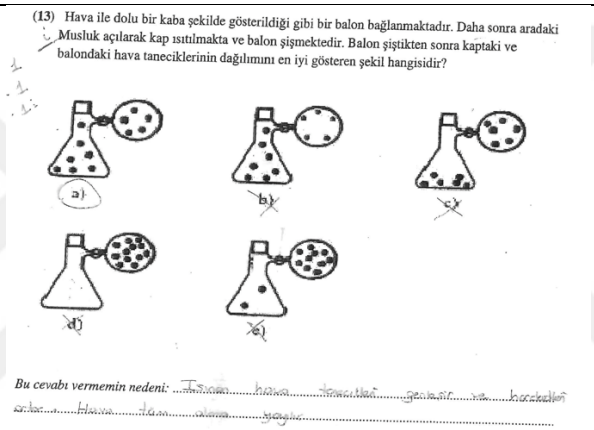
"The molecules cool down, and the cooled air contracts, condenses, and moves downward."

Figure 4.4. Sample responses from another ISR group student to the posttest.



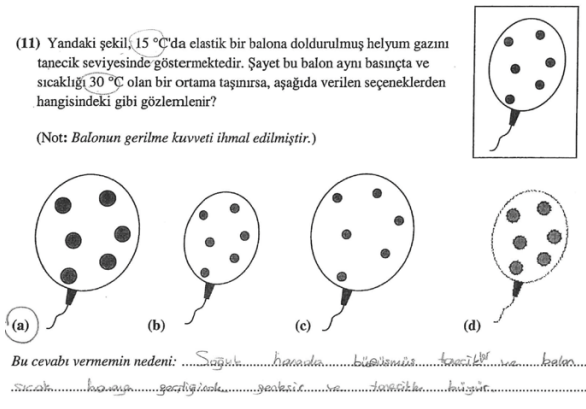
Sci_KE

"The air heats up, and its kinetic energy increases, thereby increasing the pressure. At the same time, it expands, causing the piston to move upward by a certain amount."



Sci_Uni; Sci_KE

"The heated air particles expand, and their movement increases. The air spreads throughout the entire space."

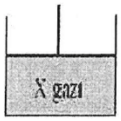


Alt_Size2

"The compressed particles in cold air and the balloon expand when exposed to hot air, and the particles increase in size."

Figure 4.4. Sample responses from another ISR group student to the posttest (cont.).

(4) Eğer piston aşağıya doğru itilirse X gazı ile ilgili aşağıda verilen ifadelerden hangisi ya da hangileri doğrudur?



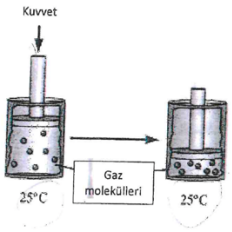
(a) Birim zamanda birim yüzeye çarpan molekül sayısı artar.
(b) Sıcaklığı artar.
(c) Moleküllerin büyüklüğü azalır.
(d) Moleküllerin ortalama kinetik enerjisi artar.
(e) Basıncı değişmez.

Bu cevabı vermemin nedeni: Gaz sıkıştırıldığında molekülün kinetik enerjisi artar çünkü daha çok birbirine çarpacak titreşim yapabilecekler ve 2. durumda daha küçük (dar) alacağından birim yüzeye çarpan molekül sayısı artan Buna bağlı olarak da basınç artar

Sci_KE; Alt_PVT_B2

"When the gas is compressed, the kinetic energy of the molecules increases because they collide more frequently and vibrate. Since the space available for them to spread is more limited (narrow) in the second case, the number of molecules hitting the unit surface increases. Accordingly, the pressure also increases."

(14) Aşağıdaki şekil, kapalı bir kaptaki gazın hareketli piston aracılığıyla kuvvet uygulanmadan önceki ve sonraki halini göstermektedir. Kaptaki sıcaklık kuvvet uygulandıktan sonrada aynıdır.



Pistona uygulanan kuvvet gaz moleküllerinin sıkıştırılması ve gaz basıncının artmasıyla sonuçlanmaktadır. Aşağıdaki ifadelerden hangisi sıkıştırılma sonrası gaz moleküllerin davranışındaki değişimi en iyi şekilde açıklar?

(a) Gaz moleküllerinin ortalama kinetik enerjisi artar.
(b) Gaz moleküllerinin ortalama kinetik enerjisi azalır.
(c) Gaz moleküllerinin kabın duvarlarına çarpma sıklığı artar.
(d) Gaz moleküllerinin kabın duvarlarına çarpma hızları artar.

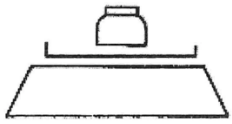
Bu cevabı vermemin nedeni: Moleküllerin yayılabileceği alan azalır ve birbirine daha çok çarparak kinetik enerileri artar aynı zamanda piston yüzeyine çarpan tanecik sayıları da artar

Alt_PVT_B2; Sci_DefnP

"The area available for the molecules to spread decreases, and they collide with each other more frequently, increasing their kinetic energy. At the same time, the number of particles hitting the piston surface also increases."

Figure 4.4. Sample responses from another ISR group student to the posttest (cont.).

(3) Yandaki şekilde gösterildiği gibi Aylin içinde soğuk hava Bulunan ağzı kapalı bir kavanozu tartıyor. Daha sonra aynı kavanoz güneşin altında uzun süre bekletiyor ve tekrar tartıyor. Aylin kavanozun, içinde hava olmadığı durumdaki ağırlığını da biliyor ve bu ağırlığı, içinde hava olan tartım sonuçlarından çıkarıyor. Aylin'in ulaştığı soğuk ve sıcak havanın tartım sonuçları ile ilgili ne söylenebilir?

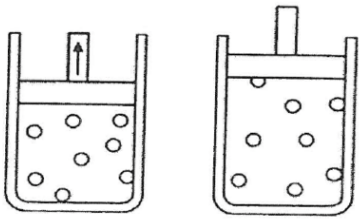


(a) Her iki tartım da aynı olup sıfırdan büyük bir değere eşittir.
(b) Her iki tartım da aynı olup sıfıra eşittir.
(c) Sıcak hava soğuk havadan daha ağırdır.
(d) Soğuk hava sıcak havadan daha ağırdır.

Bu cevabı vermemin nedeni: Moleküllerin ağırlıkları aynı kalır sadece titreşim ve hareketleri bu sayede de yoğunlukları değişir.

Sci_MC

"The weight of the molecules remains the same; only their vibration and movement change, which in turn affects their density."



(9) Yukarıdaki şekilde, silindir içerisinde bir miktar gaz gösterilmektedir. Eğer sıcaklık sabit tutularak, hacmi arttırmak için piston yukarı doğru çekilirse, ...

(a) Basınç artar çünkü gaz moleküllerinin ortalama kinetik enerjisi artar.
(b) Basınç artar çünkü gaz molekülleri genişler.
(c) Basınç azalır çünkü gaz molekülleri küçülür.
(d) Basınç azalır çünkü birim zamanda birim yüzeye çarpan molekül sayısı azalır.
(e) Basınç azalır çünkü gaz moleküllerinin ortalama kinetik enerjisi azalır.

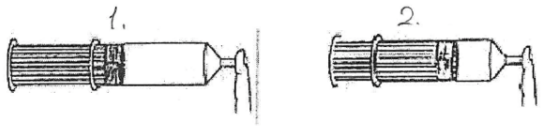
Bu cevabı vermemin nedeni: Hacim artınca gaz moleküllerin yayılabileceği alan artar ve birim yüzeye çarpan tanecik sayısı azalır.

Sci_DefnP

"As the volume increases, the area in which gas molecules can spread also increases, and the number of particles hitting the unit surface decreases."

Figure 4.4. Sample responses from another ISR group student to the posttest (cont.).

(2) Hava ile dolu bir şırınganın ucu şekilde gösterildiği gibi sıkıca kapatılmakta ve şırınganın pistonu havayı sıkıştıracak şekilde itilmektedir. Bu sıkıştırma sonucunda havayı oluşturan moleküllere ne olur?



(a) Moleküllerin hepsi şırınganın ucuna toplanır.
(b) Moleküller birbirine yapışırlar.
(c) Moleküller küçülürler.
(d) Sıkıştırılan moleküllerin hareketi durur.
(e) Moleküller arasındaki mesafe azalır.

Bu cevabı vermemin nedeni: Çünkü 1. durumda hava molekülleriniz şırınga içerisinde kapladıkları alan daha geniş iken 2. durumda moleküller birbirine olan mesafeleri azalmış durumdadır. Çünkü gaz bulunduğu yerin tüm hacmine yayılır.

Sci_Comp

"Because in the first case, the air molecules have a larger area to occupy inside the syringe, whereas in the second case, the molecules are compressed, and the distance between them decreases. This is because gas spreads throughout the entire volume of the space it occupies."

(8) Hiçbir sızdırma olmamasına ya da içine hava pompalanmamasına rağmen bisiklet tekerleklerindeki basıncın yıl içerisinde değiştiği gözlenmektedir. Bu durum hava sıcaklığının tekerlek içerisindeki gazın sıcaklığını ve basıncını değiştirmesinden kaynaklanmaktadır. Bisiklet tekerleğindeki basınç yaz mevsiminden kış mevsimine geçerken nasıl bir değişim gösterir? (Not: ***Bisiklet tekerleklerinin genleşmesi ihmal edilmektedir.***)

(a) Basınç aynı kalır.
(b) Basınç azalır.
(c) Basınç artar.

Bu cevabı vermemin nedeni: Yaz sıcakta titreşim ve kinetik enerji artan taneciler yaz soğuk hava ile büzülür ve kişin yüzey çarpan tanecik sayısı azalır.

Sci_KE; Sci_DefnP; Sci_PVT_G

"In summer, particles vibrate more, and their kinetic energy increases due to the heat. In winter, with the cold air, these particles contract, and the number of particles hitting the unit surface decreases."

Figure 4.4. Sample responses from another ISR group student to the posttest (cont.).

A total of six scientific conceptions and three alternative conceptions were observed in Student 31's posttest responses: *Sci_MC; Sci_KE; Sci_PVT_G; Sci_PVT_C; Sci_DefnP; Sci_Comp; Alt_Size2; Alt_Uni2; Alt_PVT_B2.* According to the coding scheme (see Table 3.4), the student's type of conceptual understanding was classified as *scientific understanding 2 with alternative fragments.*

The progress for this particular student was observed from *alternative understanding with scientific fragments* to *scientific understanding 2 with alternative fragments*. This change demonstrated a typical pattern of transformation for the ISR group.

Research Question 1b: What are the types of conceptual understandings held by Grade 9 students about gas behavior just before and immediately after the completion of inquiry instruction with dynamic particulate representations (IDR)?

Before the IDR Instruction. Similar to the ISR group, alternative conceptions were observed in the IDR group prior to the instruction. Descriptive categories assigned to students regarding their understanding of gas behavior can be seen in the Table 4.2. Similar to the ISR group, no student demonstrated a *scientific understanding.* Two out of 34 students (5.9%) demonstrated the type of understanding of *scientific fragments,* where no alternative conceptions occurred, but not all scientific conceptions were present. From more scientific to the least scientific, two students (5.9%) demonstrated *scientific understanding 1 with alternative fragments,* while six students (17.6%) demonstrated *scientific understanding 2 with alternative fragments.* The majority of students (24 students, 70.6%) exhibited either *alternative understanding with scientific fragments* (10 students, 29.4%) or *alternative understanding* (14 students, 41.2%). There was no student assigned to the category of *no understanding.*

Table 4.2. Summary of types of conceptual understandings for the IDR group.

IDR Group	**Pre-test**		**Post-test**	
	f	**%**	**f**	**%**
Scientific understanding	0	0.0	5	14.7
Scientific fragments	2	5.9	3	8.8
Scientific understanding 1 w/ alternative fragments	2	5.9	18	52.9
Scientific understanding 2 w/ alternative fragments	6	17.6	3	8.8
Alternative understanding w/ scientific fragments.	10	29.4	5	14.7
Alternative understanding	14	41.2	0	0
No understanding	0	0	0	0
Total	34	100.0	34	100.0

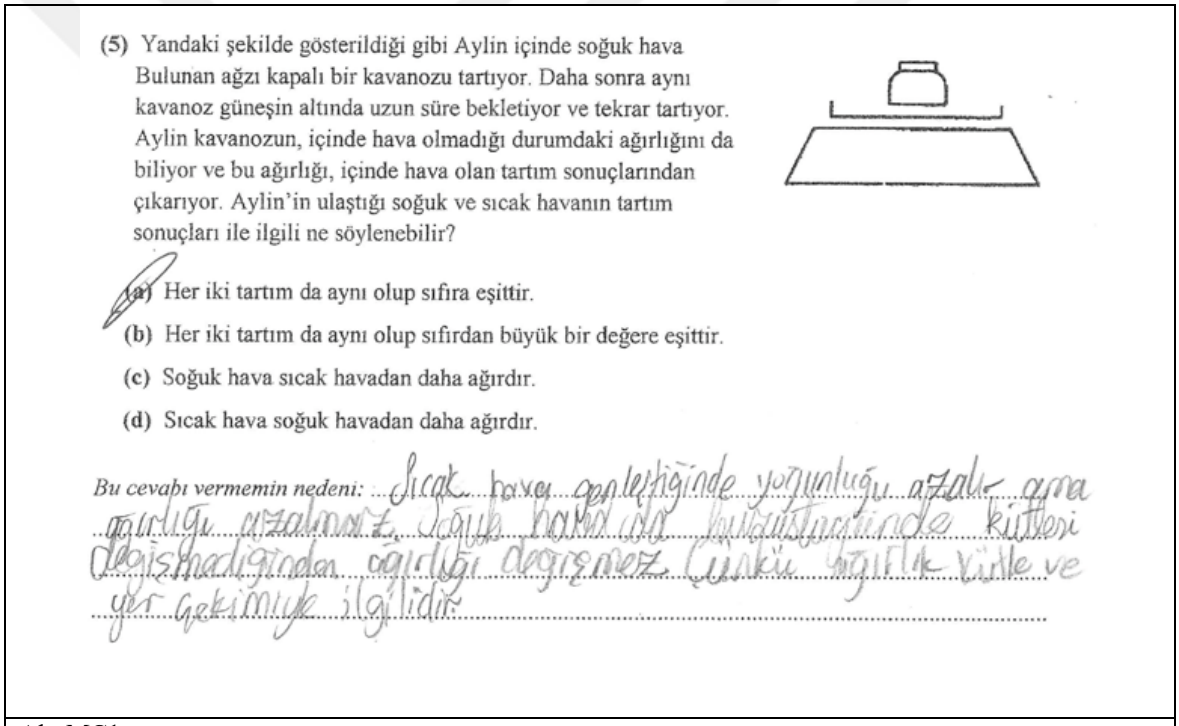
As with the ISR group, the pretest responses of the IDR group have also shown that alternative conceptions are present in this group as well, in alignment with previous studies. It should be noted that 70.6% of IDR group qualified as either *alternative understanding* or *alternative understanding with scientific fragments* due to the existence of three or more alternative conceptions.

After the IDR Instruction. Alternative conceptions continued to emerge after the instruction. As shown in Table 4.2, after the instruction, no student in the IDR group demonstrated *no understanding* or *alternative understanding.* From the least scientific to the most scientific, 5 out of 34 students (14.7%) demonstrated *alternative understanding with scientific fragments,* while 3 students (8.8%) demonstrated *scientific understanding 2 with alternative fragments.* The majority of the students (18 students, 52.9%) exhibited *scientific understanding 1 with alternative fragments.* Three students (8.8%) showed the type of understanding of *scientific fragments,* where no alternative conception occurred but

one or more scientific conceptions were missing. Finally, five students (14.7%) demonstrated a *scientific understanding*.

In this section, the change in types of conceptual understandings before and after the inquiry instruction with dynamic particulate representations (IDR) is examined through two students: Student 46 and Student 57.

Student 46 (IDR) – Pretest Responses:



(5) Yandaki şekilde gösterildiği gibi Aylin içinde soğuk hava Bulunan ağzı kapalı bir kavanozu tartıyor. Daha sonra aynı kavanoz güneşin altında uzun süre bekletiyor ve tekrar tartıyor. Aylin kavanozun, içinde hava olmadığı durumdaki ağırlığını da biliyor ve bu ağırlığı, içinde hava olan tartım sonuçlarından çıkarıyor. Aylin'in ulaştığı soğuk ve sıcak havanın tartım sonuçları ile ilgili ne söylenebilir?

(a) Her iki tartım da aynı olup sıfıra eşittir.
(b) Her iki tartım da aynı olup sıfırdan büyük bir değere eşittir.
(c) Soğuk hava sıcak havadan daha ağırdır.
(d) Sıcak hava soğuk havadan daha ağırdır.

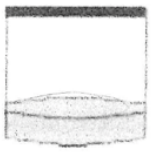
Bu cevabı vermemin nedeni: Sıcak hava genleştiğinde yoğunluğu azalır ama ağırlığı azalmaz. Soğuk hava da büzüştüğünde kütlesi değişmediğinden ağırlığı değişmez. Çünkü ağırlık kütle ve yer çekimiyle ilgilidir.

Alt_MC1

"When hot air expands, its density decreases, but its weight does not decrease. Similarly, when cold air contracts, its mass does not change, so its weight remains the same, as weight is related to both mass and gravity."

Figure 4.5. Sample responses from an IDR group student to the pretest.

(1) Buket, yandaki şekilde gösterildiği gibi bir kaba bir miktar su koyuyor ve kabın ağzını sıkıca kapattıktan sonra tartıyor. Daha sonra bu kaptaki suyun hepsini kabın ağzı sıkıca kapalı iken buharlaştırıp bir tartım daha yapıyor. Buket, tartım sonuçları ile ilgili aşağıdakilerden hangisine ulaşmıştır?



(a) Su buharlaştırıldığında ağırlığı olmaz.

(b) Her iki tartımda ölçülen ağırlık birbirine eşittir.

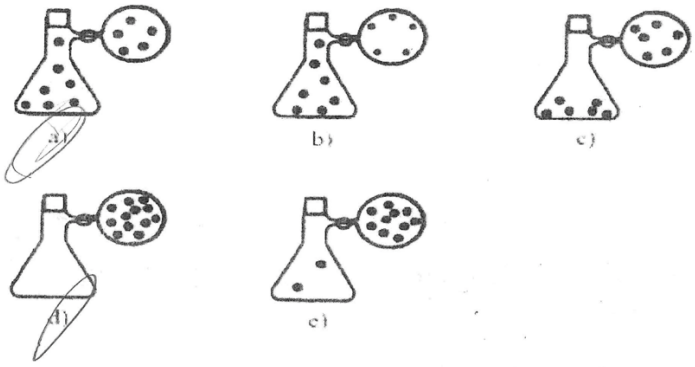
(c) Su buharlaştırıldıktan sonra ölçülen ağırlık daha az olur.

Bu cevabı vermemin nedeni: Suyun hallerinde (katı, sıvı, gaz) kimyasal özelliği değişmese de fiziksel özelliği değişir.

Alt_MC5

"In the states of water (solid, liquid, gas), its chemical properties do not change, but its physical properties do."

(7) Hava ile dolu bir kaba şekilde gösterildiği gibi bir balon bağlanmaktadır. Daha sonra aradaki Musluk açılarak kap ısıtılmakta ve balon şişmektedir. Balon şiştikten sonra kaptaki ve balondaki hava taneciklerinin dağılımını en iyi gösteren şekil hangisidir?



Bu cevabı vermemin nedeni: Balonun şişmesi için hava tanecikleri balona geçer ve balonun hacmi artar.

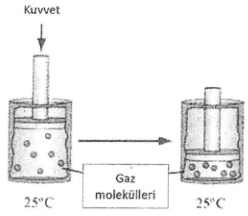
Isı verilince balondaki hava tanecikleri genleşir ve şişirir.

Alt_Uni1, Alt_Size2

"For the balloon to inflate, air particles pass into the balloon, and the volume of the balloon increases. When heat is given, the air particles in the balloon expand and inflate the balloon."

Figure 4.5. Sample responses from an IDR group student to the pretest (cont.).

(13) Aşağıdaki şekil, kapalı bir kaptaki gazın hareketli piston aracılığıyla kuvvet uygulanmadan önceki ve sonraki halini göstermektedir. Kaptaki sıcaklık kuvvet uygulandıktan sonrada aynıdır.



Pistona uygulanan kuvvet gaz moleküllerinin sıkıştırılması ve gaz basıncının artmasıyla sonuçlanmaktadır. Aşağıdaki ifadelerden hangisi sıkıştırılma sonrası gaz moleküllerin davranışındaki değişimi en iyi şekilde açıklar?

(a) Gaz moleküllerinin ortalama kinetik enerjisi artar.
(b) Gaz moleküllerinin ortalama kinetik enerjisi azalır.
(c) Gaz moleküllerinin kabın duvarlarına çarpma sıklığı artar.
(d) Gaz moleküllerinin kabın duvarlarına çarpma hızları artar.

Bu cevabı vermemin nedeni: Basınç artar (Hacim azaldığı için)

Alt_PVT_B2 *(from option)*

"The pressure increases because the volume decreases."

(11) Yandaki şekil, 25 °C'de hava taneciklerinin kap içindeki dağılımını göstermektedir. Kabın sıcaklığı 5 °C'ye düşürülürse gaz taneciklerinin kap içindeki dağılımını en iyi gösteren şekil hangisi olmalıdır?

Bu cevabı vermemin nedeni: Gazlar bulunduğu kabı tamamen doldurur

Sci_Uni

"Gases completely fill the container they are in."

(8) Bir doğal gaz tüpünün basıncı 16 °C'de 500 kPa'dır. Tüp hacminin sıcaklıkla değişmediği varsayılırsa, sıcaklık 46 °C yükseltildiğinde aşağıdakilerden hangisi gerçekleşir?

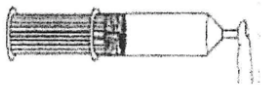
(a) Basınç değişimi gözlenmez.
(b) Basınç 500 kPa'dan fazla olur.
(c) Basınç 500 kPa'dan az olur.

Bu cevabı vermemin nedeni: Genleşince birim yüzeye çarpma miktarı artar

Not enough information for coding is provided

Figure 4.5. Sample responses from an IDR group student to the pretest (cont.).

(14) Bir öğrenci şekilde gösterilen şırıngadan 3 adet kullanarak bir deney yapmaktadır. Öğrenci, bir şırıngayı katı (*ince kum*), diğerini sıvı (*su*) ve bir diğerini gaz (*hava*) ile dolduruyor. Herbir şırınganın ağzını kapatarak sıkıştırmaya çalışıyor. Gözlemlenebilir tek değişimin hava ile dolu şırıngada olduğunu fark eden öğrenci, bu durumu aşağıdaki ifadelerden hangisi ile açıklayabilir?



(a) Havayı tanecikleri basınç dolayısıyla küçülür.

(b) Havayı tanecikleri arasındaki uzun mesafeler boştur.

(c) Havayı tanecikleri basınçtan dolayı hareket edemezler.

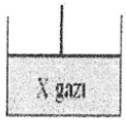
(d) Havayı taneciklerinin enerjisi başınçtan dolayı azalır.

Bu cevabı vermemin nedeni: Hava (gaz) maddenin dağınık ve boşluklu halidir.

Sci_Comp

"Air (gas) is the dispersed and porous state of matter."

(10) Eğer piston aşağıya doğru itilirse X gazı ile ilgili aşağıda verilen ifadelerden hangisi doğrudur?



(a) Birim zamanda birim yüzeye çarpan molekül sayısı artar.

(b) Sıcaklığı artar.

(c) Moleküllerin büyüklüğü azalır.

(d) Moleküllerin ortalama kinetik enerjisi artar.

(e) Basıncı değişmez.

Bu cevabı vermemin nedeni: basınç artar

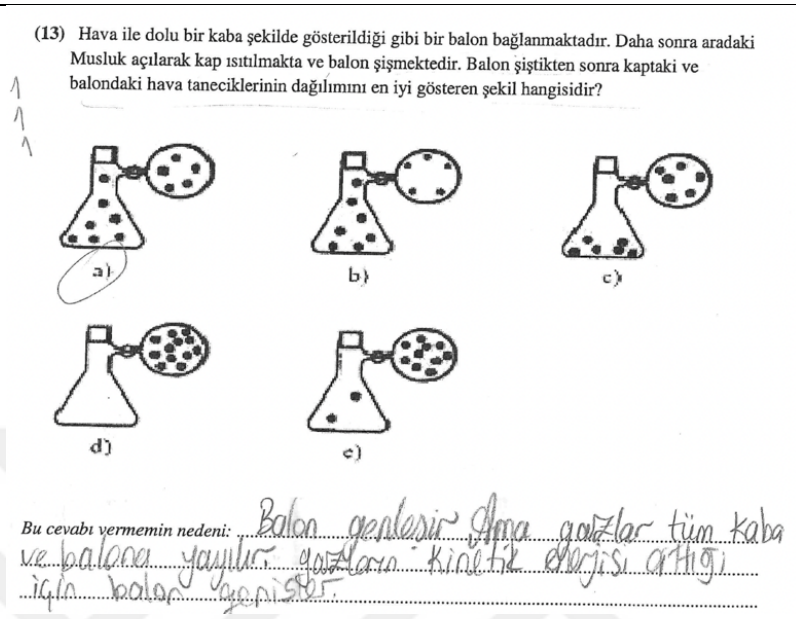
Sci_DefnP *(from option)*

"Pressure increases."

Figure 4.5. Sample Responses from an IDR group student to the pretest (cont.).

A total of three scientific conceptions and four alternative conceptions were observed in Student 46's pretest*: Sci_DefnP; Sci_Comp; Sci_Uni; Alt_MC1; Alt_MC5; Alt_Size2* and *Alt_PVT_B2.* According to the coding scheme (see Table 3.4), the student's type of conceptual understanding was classified as *alternative understanding.*

Student 46 (IDR) – Posttest Responses:



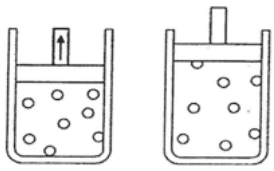
(13) Hava ile dolu bir kaba şekilde gösterildiği gibi bir balon bağlanmaktadır. Daha sonra aradaki Musluk açılarak kap ısıtılmakta ve balon şişmektedir. Balon şiştikten sonra kaptaki ve balondaki hava taneciklerinin dağılımını en iyi gösteren şekil hangisidir?

a) b) c) d) e)

Bu cevabı vermemin nedeni: Balon genlesir, fakat gazlar tüm kaba ve balona yayılır. gazların kinetik enerjisi artığı için balon genişler.

Sci_Uni; Sci_KE

"The balloon expands, but the gases spread throughout the entire container and the balloon. The balloon inflates because the kinetic energy of the gases increases."



(9) Yukarıdaki şekilde, silindir içerisinde bir miktar gaz gösterilmektedir. Eğer sıcaklık sabit tutularak, hacmi arttırmak için piston yukarı doğru çekilirse, ...

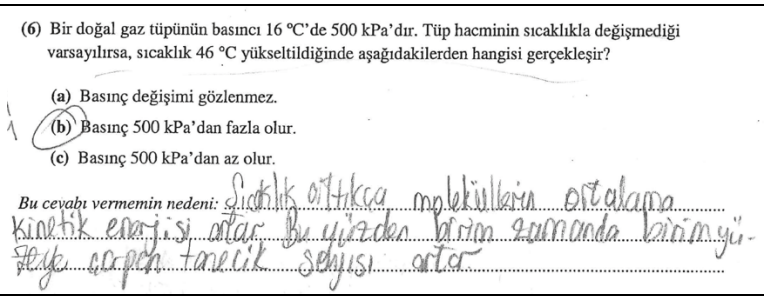
(a) Basınç artar çünkü gaz moleküllerinin ortalama kinetik enerjisi artar.
(b) Basınç artar çünkü gaz molekülleri genişler.
(c) Basınç azalır çünkü gaz molekülleri küçülür.
(d) Basınç azalır çünkü birim zamanda birim yüzeye çarpan molekül sayısı azalır.
(e) Basınç azalır çünkü gaz moleküllerinin ortalama kinetik enerjisi azalır.

Bu cevabı vermemin nedeni: Sıcaklık değişmediği için kinetik enerjide değişim olmaz. Fakat gazlar kabın hacmini aldığından daha fazla alana yayılırlar ve birim zamanda birim yüzeye çarpan Tanecik sayısı azalır.

Sci_KE; Sci_DefnP; Sci_PVT_B

"Since the temperature does not change, there is no change in kinetic energy. However, the gases spread to a larger area as they occupy the container's volume, and the number of particles hitting the unit surface per unit time decreases."

Figure 4.6. Sample responses from an IDR group student to the posttest.



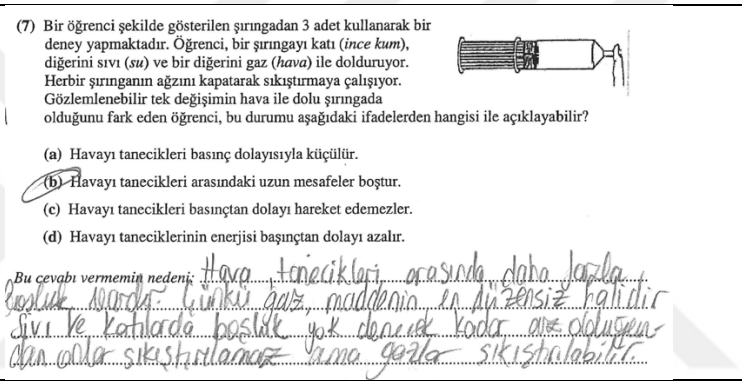
(6) Bir doğal gaz tüpünün basıncı 16 °C'de 500 kPa'dır. Tüp hacminin sıcaklıkla değişmediği varsayılırsa, sıcaklık 46 °C yükseltildiğinde aşağıdakilerden hangisi gerçekleşir?

(a) Basınç değişimi gözlenmez.
(b) Basınç 500 kPa'dan fazla olur.
(c) Basınç 500 kPa'dan az olur.

Bu cevabı vermemin nedeni: Sıcaklık arttıkça molekülleri ortalama kinetik enerjisi artar. Bu yüzden birim zamanda birim yüzeye çarpan tanecik sayısı artar

Sci_KE; Sci_DefnP; Sci_PVT_G

"As the temperature increases, the average kinetic energy of the molecules increases. Therefore, the number of particles hitting the unit surface per unit time also increases."



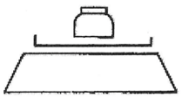
(7) Bir öğrenci şekilde gösterilen şırıngadan 3 adet kullanarak bir deney yapmaktadır. Öğrenci, bir şırıngayı katı (*ince kum*), diğerini sıvı (*su*) ve bir diğerini gaz (*hava*) ile dolduruyor. Herbir şırınganın ağzını kapatarak sıkıştırmaya çalışıyor. Gözlemlenebilir tek değişimin hava ile dolu şırıngada olduğunu fark eden öğrenci, bu durumu aşağıdaki ifadelerden hangisi ile açıklayabilir?

(a) Havayı tanecikleri basınç dolayısıyla küçülür.
(b) Havayı tanecikleri arasındaki uzun mesafeler boştur.
(c) Havayı tanecikleri basınçtan dolayı hareket edemezler.
(d) Havayı taneciklerinin enerjisi başınçtan dolayı azalır.

Bu cevabı vermemin nedeni: Hava tanecikleri arasında daha fazla boşluk vardır. Çünkü gaz maddenin en düzensiz halidir Sıvı ve katılarda boşluk yok denecek kadar az olduğun dan onlar sıkıştırılamaz fakat gazlar sıkıştırılabilir.

Sci_Comp

"There is more space between air particles because gas is the most disordered state of matter. In liquids and solids, the space between particles is almost negligible, which is why they cannot be compressed, whereas gases can be compressed."



(3) Yandaki şekilde gösterildiği gibi Aylin içinde soğuk hava Bulunan ağzı kapalı bir kavanozu tartıyor. Daha sonra aynı kavanoz güneşin altında uzun süre bekletiyor ve tekrar tartıyor. Aylin kavanozun, içinde hava olmadığı durumdaki ağırlığını da biliyor ve bu ağırlığı, içinde hava olan tartım sonuçlarından çıkarıyor. Aylin'in ulaştığı soğuk ve sıcak havanın tartım sonuçları ile ilgili ne söylenebilir?

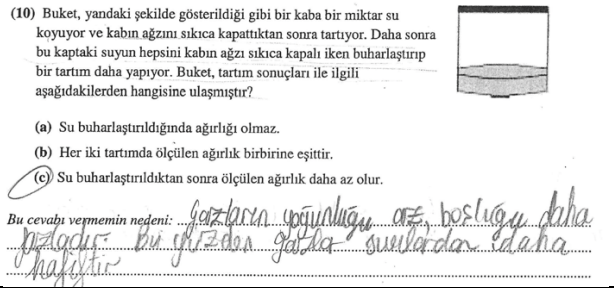
(a) Her iki tartım da aynı olup sıfırdan büyük bir değere eşittir.
(b) Her iki tartım da aynı olup sıfıra eşittir.
(c) Sıcak hava soğuk havadan daha ağırdır.
(d) Soğuk hava sıcak havadan daha ağırdır.

Bu cevabı vermemin nedeni: Isınan hava hafifler. Çünkü hava ısındıkça hacmi artar ve yoğunluğu aynı kalacağı için kütlesi artar

Alt_MC3

"Heated air becomes lighter because as the air heats up, its volume increases, and since its density remains the same, its mass increases."

Figure 4.6. Sample responses from an IDR group student to the posttest (cont.).



(10) Buket, yandaki şekilde gösterildiği gibi bir kaba bir miktar su koyuyor ve kabın ağzını sıkıca kapattıktan sonra tartıyor. Daha sonra bu kaptaki suyun hepsini kabın ağzı sıkıca kapalı iken buharlaştırıp bir tartım daha yapıyor. Buket, tartım sonuçları ile ilgili aşağıdakilerden hangisine ulaşmıştır?

(a) Su buharlaştırıldığında ağırlığı olmaz.

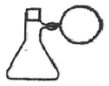
(b) Her iki tartımda ölçülen ağırlık birbirine eşittir.

(c) Su buharlaştırıldıktan sonra ölçülen ağırlık daha az olur.

Bu cevabı vermemin nedeni: Gazların yoğunluğu az, boşluğu daha fazladır bu yüzden gazlar sıvılardan daha hafiftir

Alt_MC5

"Gases have lower density and more empty space. Therefore, gases are lighter than liquids."



(1) Yandaki şekilde, 40 °C'de ağzı kapalı, içi hava ile dolu bir kap ve ona bağlı elastik bir balondan oluşan düzenek gösterilmektedir. Eğer düzeneğin sıcaklığı 10 °C'ye düşürülürse balonun hacmine ne olacağını düşünüyorsunuz?
(Not: *Açık hava basıncı her iki sıcaklıkta da 1 atm'dir.*)

(a) Artar.

(b) Azalır.

(c) Değişmez.

Bu cevabı vermemin nedeni: Basınç sabitse sıcaklık azaldıkça hacim azalır birim zamanda birim yüzeye carpan tanecik sayısı azalır ve basıncı dengelemek için hacim azalır.

Sci_DefnP; Sci_Eq

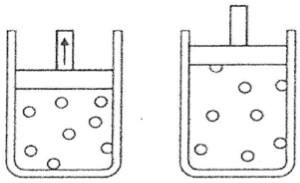
"If the pressure is constant, the volume decreases as the temperature decreases. The number of particles hitting the unit surface per unit time decreases, and the volume reduces to balance the pressure."

Figure 4.6. Sample responses from an IDR group student to the posttest (cont.).

A total of seven scientific conceptions and two alternative conceptions were observed in Student 46's posttest responses: *Sci_KE; Sci_PVT_G; Sci_PVT_B; Sci_DefnP; Sci_Comp; Sci_Eq; Alt_MC3; Alt_MC5.* According to the coding scheme (see Table 3.4), the student's type of conceptual understanding was classified as *scientific understanding 1 with alternative fragments.* From the pretest to the posttest this student eliminated the alternative conceptions *Alt_Size2* and *Alt_PVT_B2* and qualified for *Sci_KE; Sci_PVT_G; Sci_PVT_B;* and *Sci_Eq.*

The progress for this particular student is from *alternative understanding* to *scientific understanding 1 with alternative fragments*. This change also demonstrated a typical pattern of transformation for the IDR group.

Student 57 (IDR) – Pretest Responses:



(2) Yukarıdaki şekilde, silindir içerisinde bir miktar gaz gösterilmektedir. Eğer sıcaklık sabit tutularak, hacmi arttırmak için piston yukarı doğru çekilirse, ...

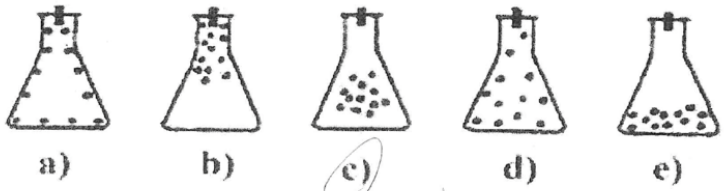
(a) Basınç artar çünkü gaz moleküllerinin ortalama kinetik enerjisi artar.
(b) Basınç artar çünkü gaz molekülleri genişler.
(c) Basınç azalır çünkü gaz molekülleri küçülür.
(d) Basınç azalır çünkü birim zamanda birim yüzeye çarpan molekül sayısı azalır.
(e) Basınç azalır çünkü gaz moleküllerinin ortalama kinetik enerjisi azalır.

Bu cevabı vermemin nedeni: Yoğunluk azaldığı için moleküllerin yüzeye çarpma ihtimali azalır.

Sci_DefnP

"Since the density decreases, the likelihood of molecules hitting the surface also decreases."

(11) Yandaki şekil, 25 °C'de hava taneciklerinin kap içindeki dağılımını göstermektedir. Kabın sıcaklığı 5 °C'ye düşürülürse gaz taneciklerinin kap içindeki dağılımını en iyi gösteren şekil hangisi olmalıdır?



Bu cevabı vermemin nedeni: Hava büzüşür

Alt_Uni2

"Air shrinks."

Figure 4.7. Sample responses from another IDR group student to the Pretest.

(1) Buket, yandaki şekilde gösterildiği gibi bir kaba bir miktar su koyuyor ve kabın ağzını sıkıca kapattıktan sonra tartıyor. Daha sonra bu kaptaki suyun hepsini kabın ağzı sıkıca kapalı iken buharlaştırıp bir tartım daha yapıyor. Buket, tartım sonuçları ile ilgili aşağıdakilerden hangisine ulaşmıştır?

(a) Su buharlaştırıldığında ağırlığı olmaz.

(b) Her iki tartımda ölçülen ağırlık birbirine eşittir.

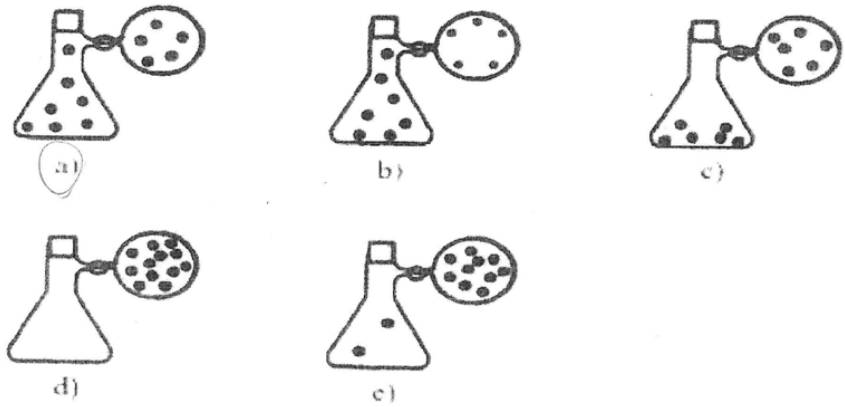
(c) Su buharlaştırıldıktan sonra ölçülen ağırlık daha az olur.

Bu cevabı vermemin nedeni: Kapalı bir sistemde toplam ağırlık değişmez.

Sci_MC

"In a closed system, total weight does not change."

(7) Hava ile dolu bir kaba şekilde gösterildiği gibi bir balon bağlanmaktadır. Daha sonra aradaki Musluk açılarak kap ısıtılmakta ve balon şişmektedir. Balon şiştikten sonra kaptaki ve balondaki hava taneciklerinin dağılımını en iyi gösteren şekil hangisidir?

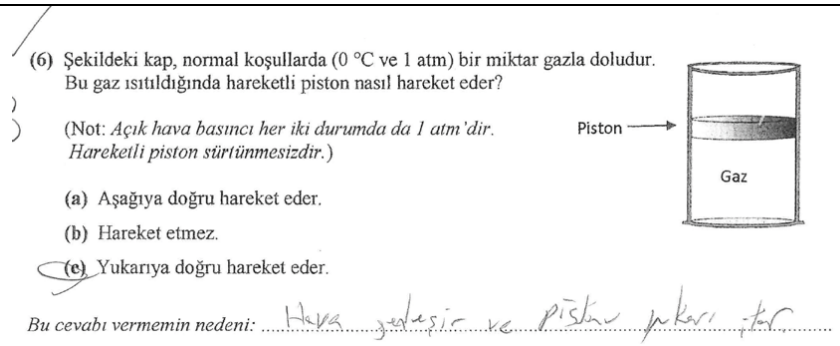


Bu cevabı vermemin nedeni: Moleküller eşit dağılır.

Sci_Uni

"Molecules spreads evely."

Figure 4.7. Sample responses from another IDR group student to the pretest (cont.).


(6) Şekildeki kap, normal koşullarda (0 °C ve 1 atm) bir miktar gazla doludur. Bu gaz ısıtıldığında hareketli piston nasıl hareket eder?

(Not: *Açık hava basıncı her iki durumda da 1 atm'dir. Hareketli piston sürtünmesizdir.*)

Piston

Gaz

(a) Aşağıya doğru hareket eder.

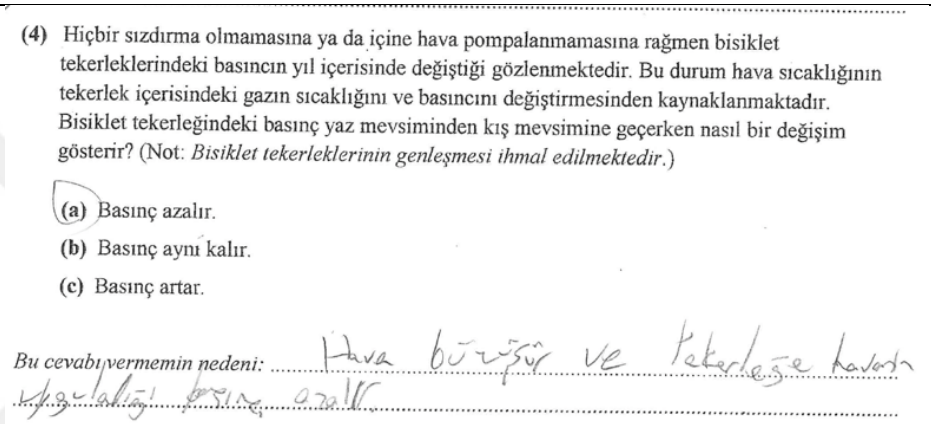
(b) Hareket etmez.

(c) Yukarıya doğru hareket eder.

Bu cevabı vermemin nedeni: Hava genişler ve piston yukarı iter

Not enough information for coding is provided

"Air expands and pushes the piston upward."


(4) Hiçbir sızdırma olmamasına ya da içine hava pompalanmamasına rağmen bisiklet tekerleklerindeki basıncın yıl içerisinde değiştiği gözlenmektedir. Bu durum hava sıcaklığının tekerlek içerisindeki gazın sıcaklığını ve basıncını değiştirmesinden kaynaklanmaktadır. Bisiklet tekerleğindeki basınç yaz mevsiminden kış mevsimine geçerken nasıl bir değişim gösterir? (Not: *Bisiklet tekerleklerinin genleşmesi ihmal edilmektedir.*)

(a) Basınç azalır.

(b) Basınç aynı kalır.

(c) Basınç artar.

Bu cevabı vermemin nedeni: Hava büzüşür ve lastiğe havanın uygulaği basınç azalır

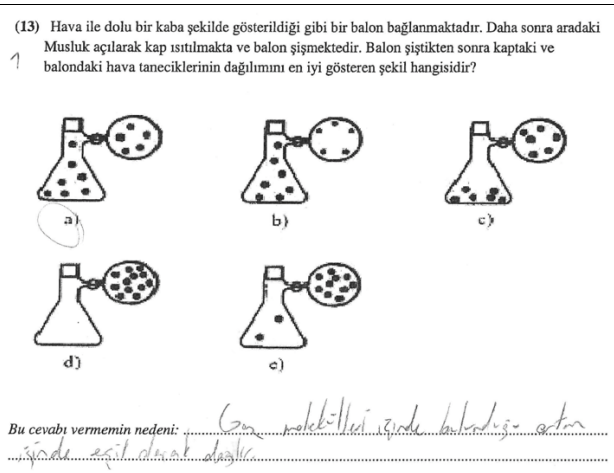
Not enough information for coding is provided

"Air shrinks and the pressure exerted by the air on the tire decreases."

Figure 4.7. Sample responses from another IDR group student to the pretest (cont.).

A total of four scientific conceptions and one alternative conception were observed in Student 57's pretest responses*: Sci_DefnP; Sci_Comp; Sci_Uni; Sci_MC; Alt_Uni2.* According to the coding scheme (see Table 3.4), the student's type of conceptual understanding was classified as *alternative understanding with scientific fragments.* In regard to this particular student, although the number of identified alternative conceptions is not substantial, the presence of scientific conceptions required for a *scientific understanding* was also too limited. The student's explanations mostly remained at the macroscopic level and lacked cause-and-effect relations to form a meaningful and scientifically accurate explanation.

Student 57 (IDR) – Posttest Responses:



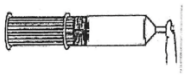
(13) Hava ile dolu bir kaba şekilde gösterildiği gibi bir balon bağlanmaktadır. Daha sonra aradaki Musluk açılarak kap ısıtılmakta ve balon şişmektedir. Balon şiştikten sonra kaptaki ve balondaki hava taneciklerinin dağılımını en iyi gösteren şekil hangisidir?

a) b) c) d) e)

Bu cevabı vermemin nedeni: Gaz molekülleri içinde bulunduğu ortam içinde eşit olarak dağılır.

Sci_Uni

"Gas molecules spread evenly within the environment they are in."



(7) Bir öğrenci şekilde gösterilen şırıngadan 3 adet kullanarak bir deney yapmaktadır. Öğrenci, bir şırıngayı katı (*ince kum*), diğerini sıvı (*su*) ve bir diğerini gaz (*hava*) ile dolduruyor. Herbir şırınganın ağzını kapatarak sıkıştırmaya çalışıyor. Gözlemlenebilir tek değişimin hava ile dolu şırıngada olduğunu fark eden öğrenci, bu durumu aşağıdaki ifadelerden hangisi ile açıklayabilir?

(a) Havayı tanecikleri basınç dolayısıyla küçülür.
(b) Havayı tanecikleri arasındaki uzun mesafeler boştur.
(c) Havayı tanecikleri basınçtan dolayı hareket edemezler.
(d) Havayı taneciklerinin enerjisi başınçtan dolayı azalır.

Bu cevabı vermemin nedeni: Su ile kum molekülleri arasındaki mesafe yok denebilecek kadar azdır. Gaz molekülleri arasında ise büyük boşluklar vardır. Bu yüzden gazlar sıkıştırılabilirler.

Sci_Comp

"The distance between water and sand molecules is almost negligible. However, there are large gaps between gas molecules. Therefore, gases can be compressed."

(8) Hiçbir sızdırma olmamasına ya da içine hava pompalanmamasına rağmen bisiklet tekerleklerindeki basıncın yıl içerisinde değiştiği gözlenmektedir. Bu durum hava sıcaklığının tekerlek içerisindeki gazın sıcaklığını ve basıncını değiştirmesinden kaynaklanmaktadır. Bisiklet tekerleğindeki basınç yaz mevsiminden kış mevsimine geçerken nasıl bir değişim gösterir? (Not: ***Bisiklet tekerleklerinin genleşmesi ihmal edilmektedir.***)

(a) Basınç aynı kalır.
(b) Basınç azalır.
(c) Basınç artar.

Bu cevabı vermemin nedeni: Kışın sıcaklık daha az olacağı için Pekeleğin içindeki moleküllerin kinetik enerjisi azalır. Kinetik enerji azalınca birim zamanda kaba çarpma sayısı, yani basınç, azalır.

Sci_KE; Sci_DefnP; Sci_PVT_G

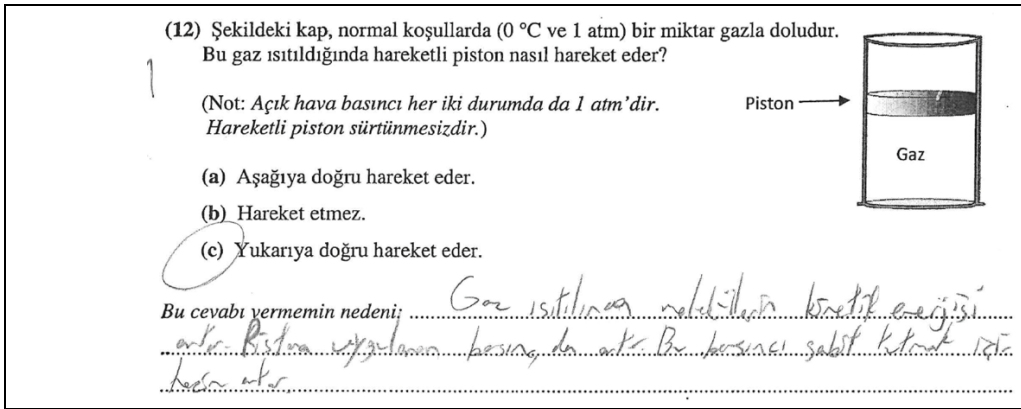
"Since the temperature is lower in winter, the kinetic energy of the molecules inside the tire decreases. When the kinetic energy decreases, the number of collisions with the container per unit time, and thus the pressure, decreases."

Figure 4.8. Sample responses from another IDR group student to the postest.

Interviewer: There is some gas in a piston-cylinder container at a constant temperature of 25°C. If we push the piston downward at the same temperature, what do you think will happen? How will the gas particles behave?
Student 57: Now, when the piston is pushed down, the container holding the gas gets smaller. Therefore, the number of molecules hitting a unit surface in a unit time increases. (Sci_DefnP). That's why the pressure increases. (Sci_PVT_B). The average kinetic energy, that's the temperature already. The temperature doesn't change.
Interviewer: What can you say about the size of the molecules?
Student 57: It stays the same all the time.
Interviewer: What about the average kinetic energy of the molecules?
Student 57: That's temperature, right? It doesn't increase. (Sci_KE).
Interviewer: So, you're saying the kinetic energy doesn't change because the temperature doesn't change. What about the pressure?
Student 57: That changes, it increases because of A (option referring to number of collisions).

Interviewer: Let's take a look at question 10. Let me briefly summarize it for you. Here, we have some water in a closed container. We weigh it while it's in liquid form. Then, we completely evaporate it while keeping the container closed. We weigh it again. What kind of similarity or difference do you think there is between the two measurements?
Student 57: The amount of matter doesn't change, so the mass doesn't change either. There is the law of conservation of mass. Therefore, it's D. (correct option)
Interviewer: So, you're saying that the weight measured in both cases is the same.
…
Student 57: If we look at mass, the amount of matter will not change. (Sci_MC)
Interviewer: And since the amount of matter doesn't change, you're saying there won't be any difference in the measurements?
Student 57: Yes.
Interviewer: So, you're saying that the phase change doesn't affect the mass here?
Student 57: No, it doesn't. (Sci_MC)

Figure 4.8. Sample responses from another IDR group student to the posttest (cont.).



Sci_KE; Sci_Eq; Sci_PVT_C

"When the gas is heated, the kinetic energy of the molecules increases. The pressure applied to the piston also increases. To keep the pressure constant, the volume increases."

Figure 4.8. Sample responses from another IDR group student to the posttest (cont.).

A total of nine scientific conceptions and no alternative conception were observed in Student 57's posttest responses: *Sci_KE; Sci_PVT_G; Sci_PVT_B; Sci_PVT_C; Sci_DefnP; Sci_Comp; Sci_Eq; Sci_Uni; and Sci_MC.* According to the coding scheme (see Table 3.4), the student's type of conceptual understanding was classified as a *scientific understanding.* From the pretest to the posttest, this student eliminated the alternative conception *Alt_Uni2* and qualified for *Sci_KE; Sci_PVT_G; Sci_PVT_B; Sci_PVT_C; and Sci_Eq.*

The progress for this particular student was recorded from *alternative understanding with scientific fragment* to *scientific understanding*. It should be noted that, for this particular student, on the pretest, while the number of alternative conceptions was low, the scientific conceptions were also insufficient. The post-instruction results showed that the student made progress in providing more adequate explanations at both the macroscopic and submicroscopic levels. Additionally, the student managed to eliminate his only remaining alternative conception, named as *Alt_Uni2.*

Summary for ISR and IDR Groups. As explained in previous section, alternative conceptions had occurred before and after the ISR and IDR, however their frequencies have changed after the intervention.

The change in the type of conceptual understandings for ISR and IDR groups from the pretest to the posttest can be seen in Table 4.3. In the ISR group, no student demonstrated a *scientific understanding* or *scientific fragments* at the beginning, however post-instruction results showed that 4 students (13.3%) demonstrated a *scientific understanding,* and 3 students (10.0%) demonstrated *scientific fragments*. On the other hand, six students (20.0%) started instruction with an *alternative understanding,* one student (3.3%) showed *no understanding.* However, posttest results showed that there were no student remaining who demonstrated *no understanding* or *alternative conceptions.* Frequency for the majority of the students (60.0%) shifted from *alternative understanding* and *alternative understanding with scientific fragments* to *scientific understanding 2 with alternative fragments* and *scientific understanding 1 with alternative fragments.*

In the IDR group, similar to ISR group no student demonstrated a *scientific understanding* prior to instruction and only two students demonstrated *scientific fragments* (see Table 4.3). Post-instruction results showed that five students (14.7%) demonstrated a *scientific understanding,* and three students (8.8%) demonstrated *scientific fragments*. Although14 students (41.2%) demonstrated an *alternative understanding* prior to instruction, the post-instruction results showed that none of the students maintained this type of conceptual understanding. All students made progress toward at least one higher level of more scientific understanding. Another significant result is that a large majority of the group (52.9%) demonstrated a *scientific understanding 1 with alternative fragments*. In contrast, this percentage remained at 20.0% in the ISR group.

An even more noteworthy finding is the difference between the percentages of more scientific understandings — *scientific understanding, scientific fragments,* and *scientific understanding 1 with alternative fragments* — between the two groups. Post-instruction results showed that the percentage for the three most scientific understanding was 43.3% for the ISR group, whereas it was 76.4% for the IDR group. A rough comparison showed that, although the students in the IDR group started with less scientific understandings, the

understandings they reached by the end of IDR were more scientific compared to those of the ISR group.

Table 4.3. Summary of the types of conceptual understandings for ISR and IDR groups from pretest to posttest.

Types of Conceptual Understandings	*Pretest*		*Posttest*	
	ISR Group	*IDR Group*	*ISR Group*	*IDR Group*
	f *%*	*f* *%*	*f* *%*	*f* *%*
Scientific understanding	0 (0)	0 (0)	4 (13.3)	5 (14.7)
Scientific fragments	0 (0)	2 (5.9)	3 (10.0)	3 (8.8)
Scientific understanding 1 w/ alternative Fragments	5 (16.7)	2 (5.9)	6 (20.0)	18 (52.9)
Scientific understanding 2 w/ alternative fragments	6 (20.0)	6 (17.6)	12 (40.0)	3 (8.8)
Alternative understanding w/ scientific fragments	12 (40.0)	10 (29.4)	5 (16.7)	5 (14.7)
Alternative understanding	6 (20.0)	14 (41.2)	0 (0)	0 (0)
No understanding	1 (3.3)	0 (0)	0 (0	0 (0)
Total	30 (100.0)	34 (100.0)	30 (100.0)	34 (100.0)

Research Question 2: How do Grade 9 students' types of conceptual understandings of gas behavior differ before and immediately after the completion of ISR and IDR?

Qualitative Coding. The sign test results indicated a statistically significant difference ($p < 0.001$) in the types of conceptual understandings of both ISR and IDR groups from the pre-instruction to the post-instruction. Table 4.4 displays the sign test statistics along with the frequencies of positive, negative, and unchanged cases for both ISR and IDR groups.

Table 4.4. Sign test statistics for the changes in students' types of conceptual understandings for the ISR and IDR groups.

Types of Conceptual Understandings	Pretest to Post-Test	
	ISR Group	IDR Group
Negative change[a]	1	0
Positive change[b]	24	29
No change[c]	5	5
Total number of students	30	34
P value	<.001[b]	<.001

[a]*Post-test < pre-test.*
[b]*Post-test > pre-test.*
[c]*Post-test = test.*

In the ISR group, 24 out of 30 students demonstrated progress toward a more scientific understanding following the instruction, while 5 students showed no change, and only 1 student displayed a decay in his/her type of conceptual understanding. In contrast, the IDR group exhibited a more significant shift, with 29 out of 34 students progressing toward higher scientific understandings, and 5 students maintaining their pretest conceptual understanding. Notably, no student in the IDR group experienced a regression in their conceptual understanding.

These findings highlight that while both groups benefited from the instruction, the IDR group achieved more significant progress in their conceptual understandings.

Quantitative Coding. A paired samples t-test was conducted to compare the progression from the pretest and the posttest within the ISR group and IDR group (see Table 4.5). In the ISR Group, the results revealed a statistically significant increase in scores from the pretest (M= 13.3, SD = 5.02) to the posttest (c), $t(29) = -10.2$, $p < .001$. In the IDR Group, the results revealed a statistically significant increase in scores from the pretest (M = 11.7, SD = 4.20) to the posttest (M = 26.9, SD = 5.75), $t(33) = -15.2$, $p < .001$.

Table 4.5. Paired Samples t-test results for the pretest and posttest scores in the ISR group

	Mean Difference	***Std. Deviation***	***t***	***df***	***p-value***
ISR Group	*-10.20*	*5.18*	*-10.75*	*29*	*< .001*
IDR Group	-15.20	5.46	-16.21	33	< .001

Research Question 3: How do the two groups (ISR and IDR) compare in terms of their conceptual understandings of gas behavior before and immediately after the completion of ISR and IDR?

Before the instruction. An independent samples t-test was conducted to compare the pretest scores of the ISR (M=13.3, SD = 5.02) and IDR (M = 11.7, SD = 4.20) groups. The analysis revealed no statistically significant difference between the groups, $t(62) = 1.39$, $p = .171$. This indicated that students in both groups held similar prior knowledge of gas behavior before the instructional interventions (see Table 4.5).

Table 4.5. Independent samples t-test results for the pretest scores of ISR and IDR groups

Group	**N**	**Mean (M)**	**Standard Deviation (SD)**	**t**	**df**	**p-value**
ISR	30	13.3	5.02			
IDR	34	11.7	4.20	1.39	62	.171*

**Prior to interpreting the results, Levene's Test for Equality of Variances was performed to assess the assumption of homogeneity of variances. The result was not significant (F = 0.439, p = .510), indicating that the variances between the two groups were statistically equal. Therefore, the "equal variances assumed" line was used when interpreting the t-test results.*

After the instruction. An independent samples t-test was conducted to compare the posttest scores of the ISR and IDR groups. Results indicated a statistically significant difference between the two groups, $t(62) = -2.35$, $p = .022$, with the IDR group outperforming the ISR group. This result suggests that the inquiry instruction with dynamic visualizations was more effective than the inquiry instruction with static visualizations in improving students' understanding of gas behavior (see Table 4.6).

Table 4.6. Independent samples t-test results for the posttest scores of ISR and IDR groups

Group	**N**	**Mean (M)**	**Standard Deviation (SD)**	**t**	**df**	**p-value**
ISR	30	23.5	5.85			
IDR	34	26.9	5.75	-2.35	62	.022*

**Prior to interpreting the results, Levene's Test for Equality of Variances was conducted to assess the assumption of homogeneity of variances. The result was not significant ($F = 0.086$, $p = .770$), indicating that the variances between the two groups were statistically equal. Therefore, the "equal variances assumed" line was used for interpreting the t-test results.*

Research Question 4a: What are the alternative conceptions on gas behavior held by Grade 9 students just before and immediately after the completion of ISR?

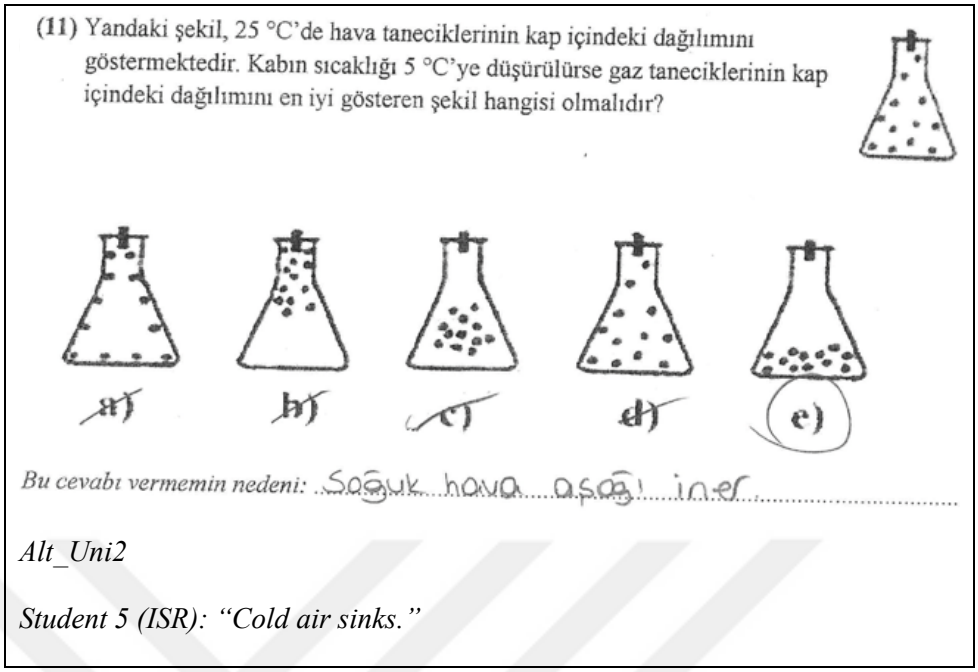
Before the ISR intervention, students held various alternative conceptions regarding the gas behavior. It was also noted that every student demonstrated at least one alternative conception prior to the intervention. Table 4.7 summarizes the frequencies of alternative conceptions held by students in the ISR group.

Table 4.7. The frequencies and percentages of alternative conceptions in the ISR Group

Types of Alternative Conception	Pre-test *f*	Pre-test *%*	Post-test *f*	Post-test *%*
Alt_MC1	4	13.3	3	10.00
Alt_MC2	2	6.6	0	0
Alt_MC3	4	13.3	3	10.0
Alt_MC4	0	0	0	0
Alt_MC5	5	16.6	3	10.0
Alt_Uni1	6	20.0	11	36.6
Alt_Uni2	28	93.3	16	53.3
Alt_Uni3	0	0	0	0
Alt_Size1	3	10.0	0	0
Alt_Size2	1	3.3	1	3.3
Alt_Comp	1	3.3	0	0
Alt_PVT_B1	7	23.3	6	20.0
Alt_PVT_B2	14	46.6	13	43.3
Alt_PVT_C	2	6.6	1	3.3
Alt_PVT_G	7	23.3	0	0
Alt_Eq	0	0	1	3.3

This section will elaborate on some of the alternative conceptions observed in the ISR group prior to the instruction and provide exemplary student responses in detail.

As the temperature decreases, gas particles settle down and distribute only or mostly on the lower part of the container (Alt_Uni2): Majority of the ISR group (28 out of 30 students, 93.3%) believed that as temperature is decreased gas particles settle down to bottom of the container. This alternative concept was the most common among the others.

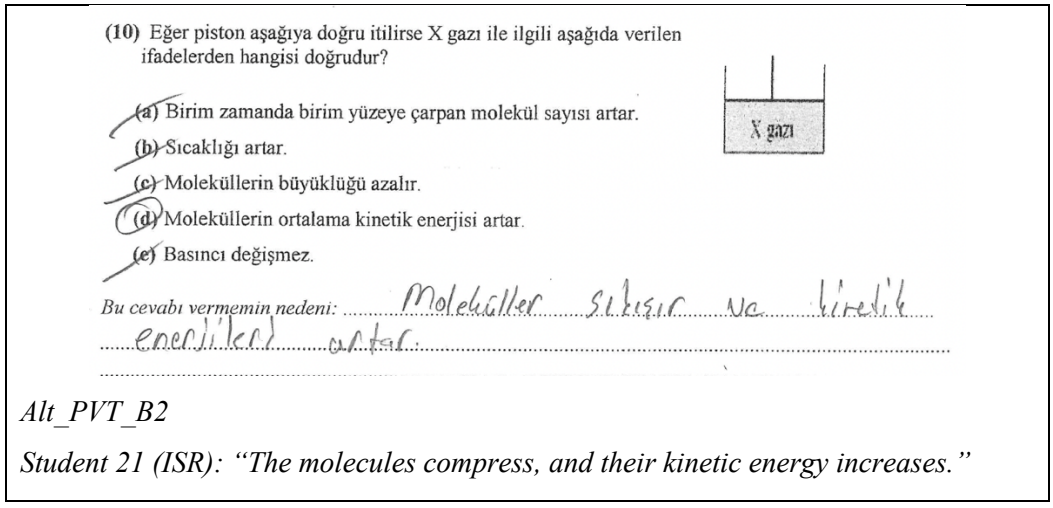


Alt_Uni2

Student 5 (ISR): "Cold air sinks."

Figure 4.9. Sample alternative conception examples from ISR group students.

When volume decreases, particles move faster/kinetic energy increases (Alt_PVT_B2): In this study, Alt_PVT_B2 was the second most commonly observed alternative conception. This alternative conception was observed in 46.66% of the ISR group.

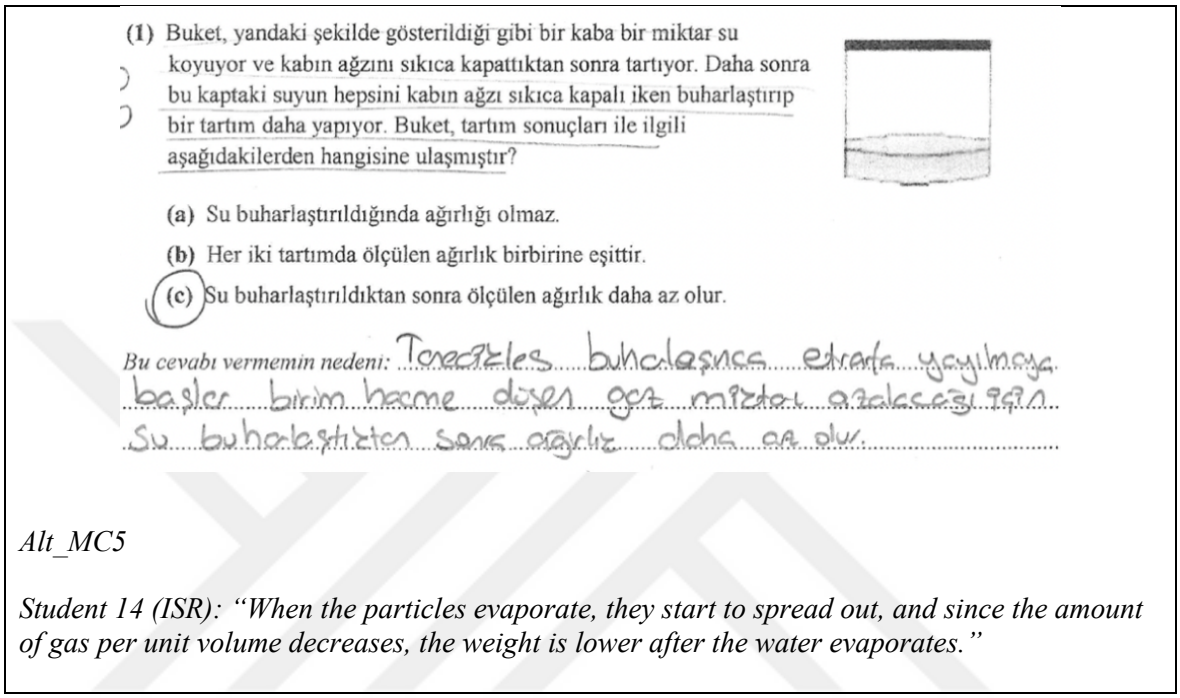


Alt_PVT_B2

Student 21 (ISR): "The molecules compress, and their kinetic energy increases."

Figure 4.9. Alternative conception examples from ısr group students (cont.).

When a liquid changes its physical state to a gas, it loses weight (Alt_MC5): Students in the ISR group (16.66%) believed that the substance loses mass during a phase change from liquid to gas.

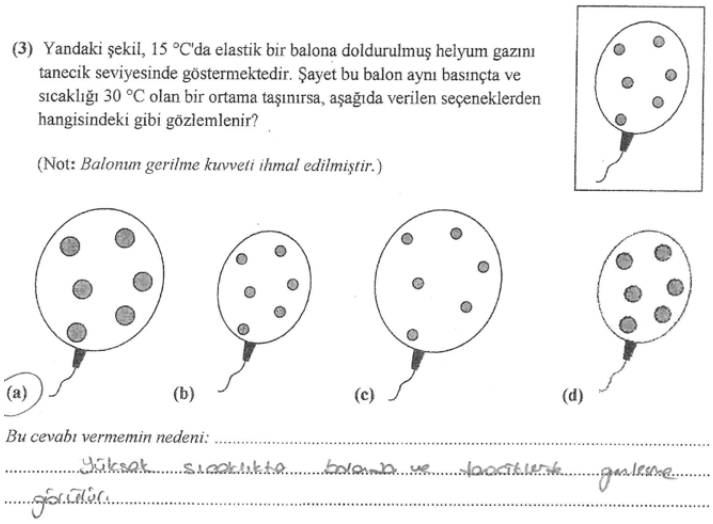


Alt_MC5

Student 14 (ISR): "When the particles evaporate, they start to spread out, and since the amount of gas per unit volume decreases, the weight is lower after the water evaporates."

Figure 4.9. Alternative conception examples from ISR group students (cont.).

Size of a particle changes with the change in the temperature (Alt_Size2): Students may think that with an increase in temperature, it is not the distance between particles that increases, but the size of the particles themselves. This alternative conception was observed in 3.3% of the ISR group.



Alt_Size2

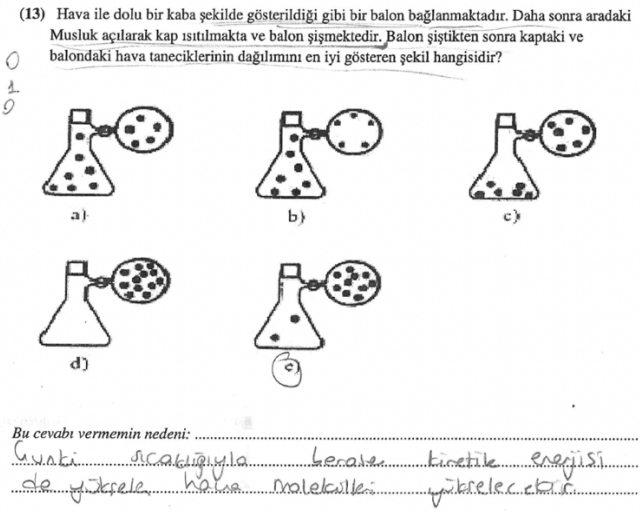
Student 16 (ISR): "At high temperatures, expansion is observed in both the balloon and the particles."

Figure 4.9. Alternative conception examples from ISR group students (cont.).

To summarize, the pretest results have shown that, there is a presence of wide range of alternative conceptions in the ISR group. These expected results have helped us understand what conceptual difficulties students might face during the instruction process and/or which resistant preconceptions they hold.

After the intervention, alternative conceptions continued to emerge as illustrated in Table 4.7. This section provides details for these alternative conceptions within the ISR group, supported by specific student examples.

As the temperature increases, gas particles rise and distribute only or mostly on the upper part of the container (Alt_Uni1): The posttest results revealed an unexpected outcome. Among all the alternative conceptions, Alt_Uni1 was the only one whose occurrence frequency increased from the pretest to the posttest (from 20.0% to 36.6%). This alternative conception may have been reinforced by statements emphasized in other subjects, such as the phrase 'warm air rises' commonly used in geography classes.



Alt_Uni1; Sci_KE

Student 23 (ISR): "Because air molecules, whose kinetic energy increases along with their temperature, will rise."

Figure 4.9. Alternative conception examples from ISR group students (cont.).

As the temperature decreases, gas particles settle down and distribute only or mostly on the lower part of the container (Alt_Uni2): As in the pretest, many of the ISR students (53.3%) in the posttest also thought that gas particles would accumulate more at the bottom of the container when the temperature is lowered.

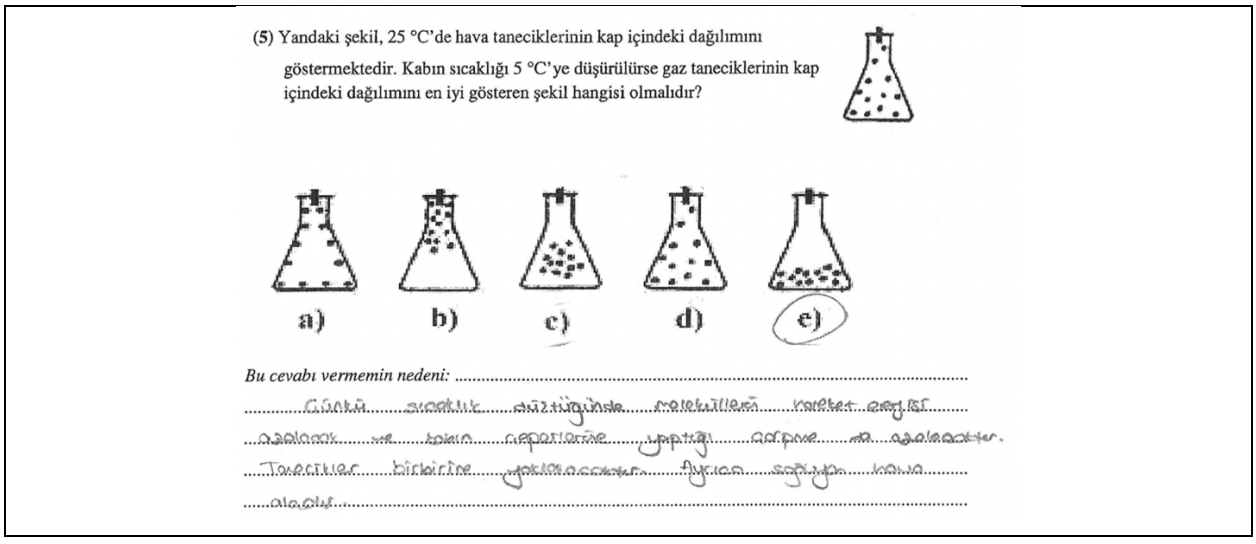


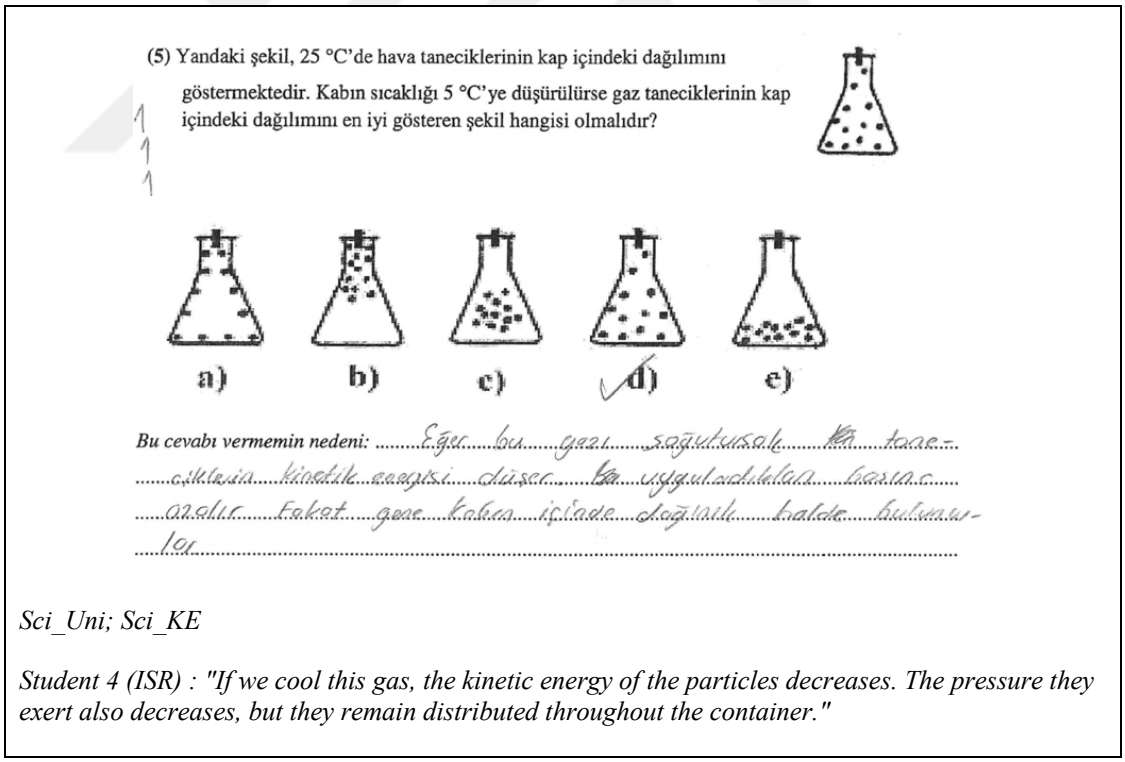
Figure 4.9. Alternative conception examples from ISR group students (cont.).

Alt_Uni2; Sci_KE; Sci_DefnP

Student 23 (ISR) : "Because when the temperature decreases, the kinetic energy of the molecules will decrease, and the collisions they make with the walls of the container will also decrease. The particles will move closer to each other. Additionally, cooled air sinks."

Figure 4.9. Alternative conception examples from ISR group students (cont.).

However, it should also be noted that although this alternative conception is still observed at a high rate, its frequency has decreased from 93.3% in the pretest to 53.3% in the posttest. An example of a correct scientific explanation (*Sci_Uni: Particles of gases move in all directions and spread out to fill the container that they are in*), can be seen in the following student response provided:

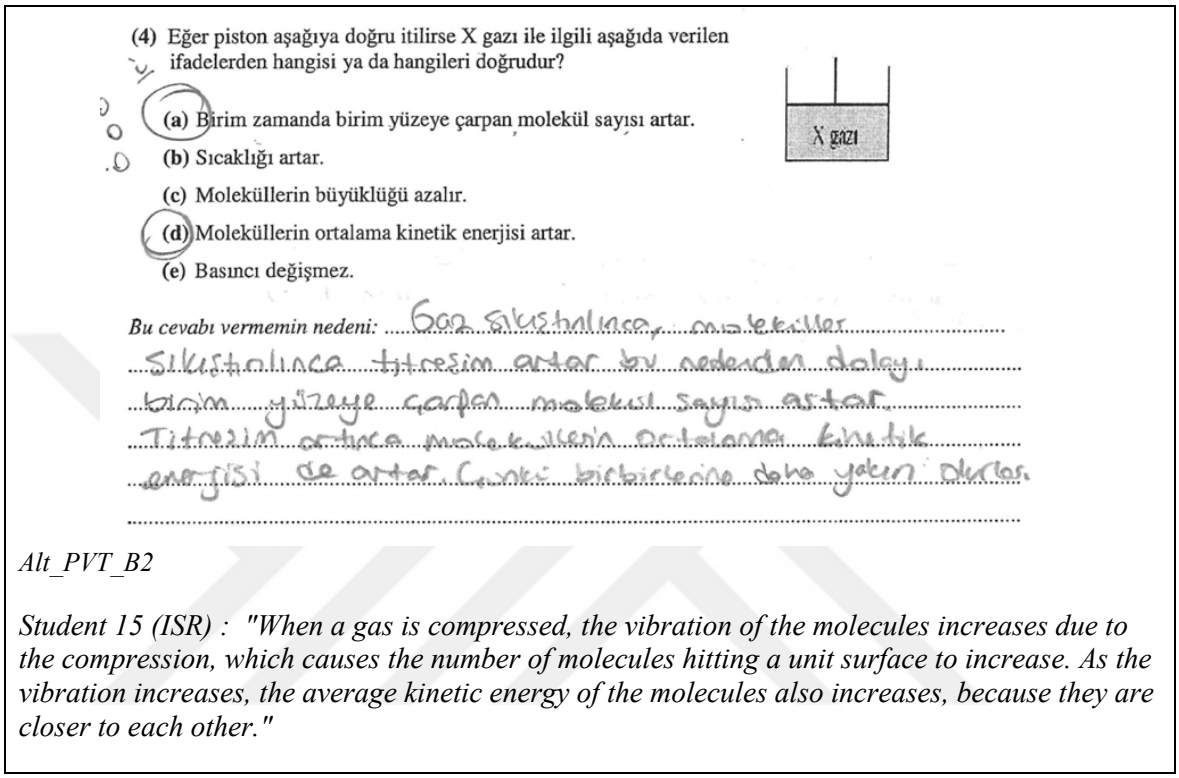


Sci_Uni; Sci_KE

Student 4 (ISR) : "If we cool this gas, the kinetic energy of the particles decreases. The pressure they exert also decreases, but they remain distributed throughout the container."

Figure 4.9. Alternative conception examples from ISR group students (cont.).

When the volume of container decreases, particles move faster/kinetic energy increases *(Alt_PVT_B2):* The frequency of this alternative conception has remained almost unchanged. It decreased by only one student, dropping from 46.6% to 43.3%.


(4) Eğer piston aşağıya doğru itilirse X gazı ile ilgili aşağıda verilen ifadelerden hangisi ya da hangileri doğrudur?

(a) Birim zamanda birim yüzeye çarpan molekül sayısı artar.

(b) Sıcaklığı artar.

(c) Moleküllerin büyüklüğü azalır.

(d) Moleküllerin ortalama kinetik enerjisi artar.

(e) Basıncı değişmez.

X gazı

Bu cevabı vermemin nedeni: Gaz sıkıştırılınca, moleküller sıkıştırılınca titreşim artar bu nedenden dolayı birim yüzeye çarpan molekül sayısı artar. Titreşim artınca moleküllerin ortalama kinetik enerjisi de artar. Çünkü birbirlerine daha yakın olurlar.

Alt_PVT_B2

Student 15 (ISR) : "When a gas is compressed, the vibration of the molecules increases due to the compression, which causes the number of molecules hitting a unit surface to increase. As the vibration increases, the average kinetic energy of the molecules also increases, because they are closer to each other."

Figure 4.9. Alternative conception examples from ISR group students (cont.).

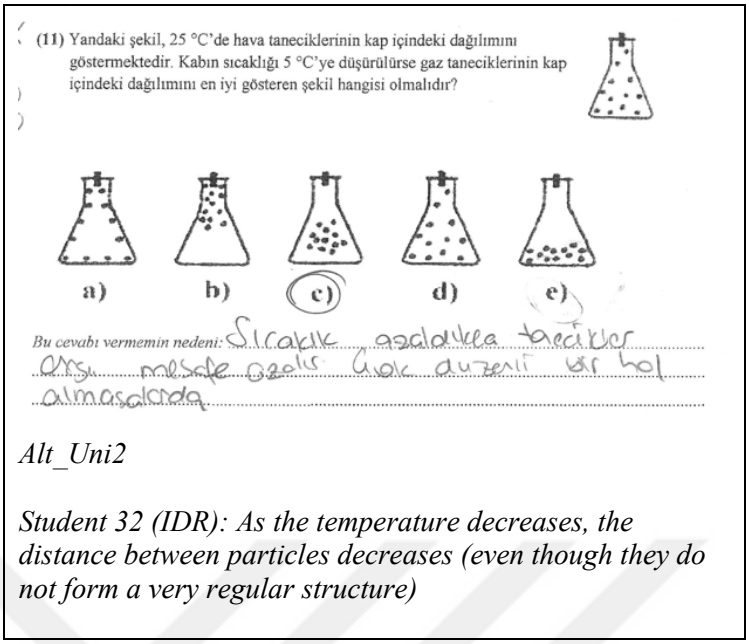
Research Question 4b: What are the alternative conceptions on gas behavior held by Grade 9 students about gas behavior just before and immediately after the completion of IDR?

Similar to the ISR group, the pretest results of the IDR group also indicated the presence of alternative conceptions, as shown in Table 4.8. In this section, the alternative conceptions observed in the IDR group before instruction will be elaborated and sample student responses will be provided in detail.

Table 4.8. The frequencies and percentages of alternative conceptions in the IDR Group

Types of Alternative Conception	Pre-test *f*	Pre-test *%*	Post-test *f*	Post-test *%*
Alt_MC1	2	5.88	0	0
Alt_MC2	0	0	0	0
Alt_MC3	11	32.35	7	20.59
Alt_MC4	6	17.65	1	2.94
Alt_MC5	8	23.53	4	11.76
Alt_Uni1	19	55.88	8	23.53
Alt_Uni2	23	65.71	14	41.18
Alt_Uni3	5	14.71	1	2.94
Alt_Size1	2	5.88	2	5.88
Alt_Size2	14	41.18	1	2.94
Alt_Comp	3	8.82	0	0
Alt_PVT_B1	9	26.47	9	26.47
Alt_PVT_B2	20	58.82	15	44.12
Alt_PVT_C	3	8.82	0	0
Alt_PVT_G	14	41.18	0	0
Alt_Eq	0	0	0	0

As the temperature decreases, gas particles settle down and distribute only or mostly on the lower part of the container (Alt_Uni2): Similar to the ISR group, the majority of the students in IDR group (23 out of 34 students, 65.71%) believed that as temperature is decreased gas particles settle down to bottom of the container. This alternative conception was the most commonly encountered one in both groups.

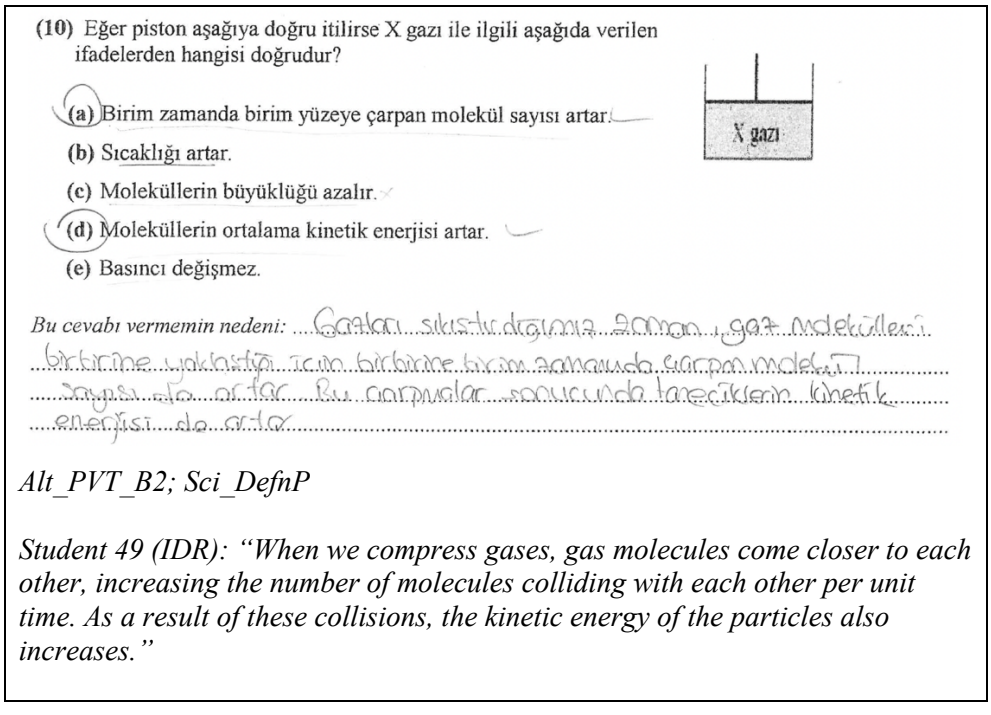


Alt_Uni2

Student 32 (IDR): As the temperature decreases, the distance between particles decreases (even though they do not form a very regular structure)

Figure 4.10. Sample alternative conception examples from IDR group students.

When the volume decreases, particles move faster/kinetic energy increases *(Alt_PVT_B2):* This alternative conception was observed in 58.8% of the IDR group before the instruction.

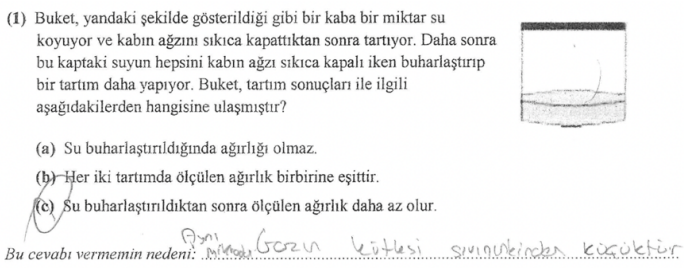


Alt_PVT_B2; Sci_DefnP

Student 49 (IDR): "When we compress gases, gas molecules come closer to each other, increasing the number of molecules colliding with each other per unit time. As a result of these collisions, the kinetic energy of the particles also increases."

Figure 4.10. Sample Alternative conception examples from IDR group students (cont.).

*When a liquid changes its physical state to a gas, it loses weight (Alt_MC5)**:*** Students in the IDR group (23.53%) also believed that the substance loses mass during a phase change from liquid to gas.


(1) Buket, yandaki şekilde gösterildiği gibi bir kaba bir miktar su koyuyor ve kabın ağzını sıkıca kapattıktan sonra tartıyor. Daha sonra bu kaptaki suyun hepsini kabın ağzı sıkıca kapalı iken buharlaştırıp bir tartım daha yapıyor. Buket, tartım sonuçları ile ilgili aşağıdakilerden hangisine ulaşmıştır?

(a) Su buharlaştırıldığında ağırlığı olmaz.
(b) Her iki tartımda ölçülen ağırlık birbirine eşittir.
(c) Su buharlaştırıldıktan sonra ölçülen ağırlık daha az olur.

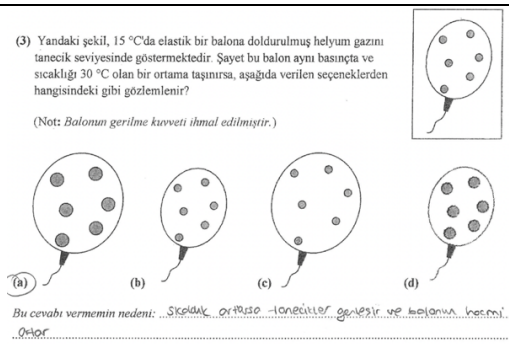
Bu cevabı vermemin nedeni: Aynı miktardaki Gazın kütlesi sıvınınkinden küçüktür

Alt_MC5

Student 34 (IDR): "The mass of the same amount of gas is smaller than that of the liquid."

Figure 4.10. Sample alternative conception examples from IDR group students (cont.).

Size of a particle changes with the change in the temperature (Alt_Size2): Students may think that with an increase in temperature, it is not the distance between particles that increases, but the size of the particles themselves. Interestingly, this alternative conception was observed among the 41.18% of the IDR students.


(3) Yandaki şekil, 15 °C'da elastik bir balona doldurulmuş helyum gazını tanecik seviyesinde göstermektedir. Şayet bu balon aynı basınçta ve sıcaklığı 30 °C olan bir ortama taşınırsa, aşağıda verilen seçeneklerden hangisindeki gibi gözlemlenir?

(Not: *Balonun gerilme kuvveti ihmal edilmiştir.*)

(a) (b) (c) (d)

Bu cevabı vermemin nedeni: Sıcaklık ortamsa taneciklar genişsir ve balonun hacmi artar

Alt_Size2

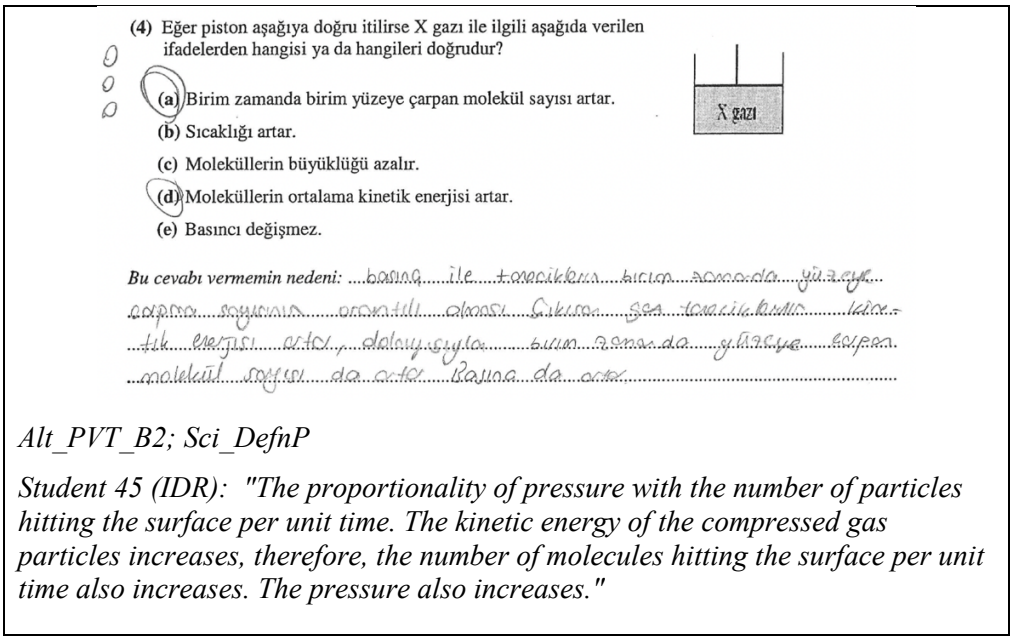
Student 43 (IDR): "If the temperature increases, the particles expand, and the volume of the balloon increases."

Figure 4.10. Sample alternative conception examples from IDR group students (cont.).

To summarize, the pretest results have shown that, as in the ISR group, there is existence of a wide range of alternative conceptions in the IDR group. These findings provided insights into the potential challenges students might encounter during instruction and highlighted the alternative conceptions they bring into the learning process.

After the intervention, some of the alternative conceptions persisted, as shown in Table 4.8. This section elaborates on these alternative conceptions within the IDR group, supported by specific examples from the students.

When the volume of container decreases, particles move faster/kinetic energy increases (Alt_PVT_B2): Although the frequency of this alternative conception decreased from 58.82% to 44.12%, it remained the most commonly identified alternative conception among the alternative conceptions detected in the posttest for the IDR group. One possible reason for this situation is the illusion created by dynamic representations. Even if the particles in the simulation do not actually accelerate, the presence of more frequent collisions can create the misconception that the particles are moving faster (This situation was noticed during instruction and was recorded in the field notes). Sample student responses (both for *Alt_PVT_B2* and *Sci_PVT_B*) are presented:


(4) Eğer piston aşağıya doğru itilirse X gazı ile ilgili aşağıda verilen ifadelerden hangisi ya da hangileri doğrudur?

(a) Birim zamanda birim yüzeye çarpan molekül sayısı artar.
(b) Sıcaklığı artar.
(c) Moleküllerin büyüklüğü azalır.
(d) Moleküllerin ortalama kinetik enerjisi artar.
(e) Basıncı değişmez.

X gazı

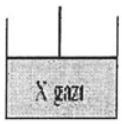
Bu cevabı vermemin nedeni: basınç ile taneciklerin birim zamanda yüzeye çarpma sayısının orantılı olması. Sıkışan gaz tanecikleri ilk enerjisi artar, dolayısıyla birim zamanda yüzeye çarpan molekül sayısı da artar. Basınç da artar.

Alt_PVT_B2; Sci_DefnP

Student 45 (IDR): "The proportionality of pressure with the number of particles hitting the surface per unit time. The kinetic energy of the compressed gas particles increases, therefore, the number of molecules hitting the surface per unit time also increases. The pressure also increases."

Figure 4.10. Sample alternative conception examples from IDR group students (cont.).

(4) Eğer piston aşağıya doğru itilirse X gazı ile ilgili aşağıda verilen ifadelerden hangisi ya da hangileri doğrudur?



(a) Birim zamanda birim yüzeye çarpan molekül sayısı artar.
(b) Sıcaklığı artar.
(c) Moleküllerin büyüklüğü azalır.
(d) Moleküllerin ortalama kinetik enerjisi artar.
(e) Basıncı değişmez.

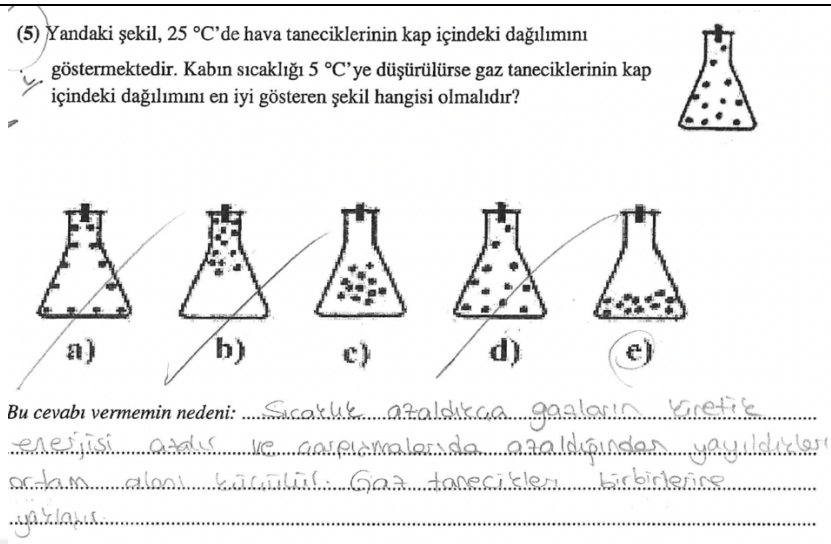
Bu cevabı vermemin nedeni: Sıcaklığının artması imkansızdır Çünkü herhangi bir ısıtma işleminden bahsedilmiyor Moleküllerin büyüklüğünün azalması için kimyasal müdahale gerekir Kinetik enerji sıcaklık ile doğru orantılıdır. Birim zamanda birim yüzeye çarpan molekül sayısı artacağından basınç da artmalıdır.

Sci_KE, Sci_DefnP, Sci_PVT_B

Student 50 (IDR): "It is impossible for the temperature to increase because no heating process is mentioned. A chemical intervention is necessary for the size of the molecules to decrease. Kinetic energy is directly proportional to temperature. Since the number of molecules hitting the unit surface per unit time will increase, the pressure must also increase."

Figure 4.10. Sample alternative conception examples from IDR group students (cont.).

As the temperature decreases, gas particles settle down and distribute only or mostly on the lower part of the container (Alt_Uni2): For the IDR group, this concept was the most frequently observed alternative conception in the posttest results. However, it should be noted that there was a decrease from 65.71% in the pretest to 41.18% in the posttest.



Alt_Uni2; Sci_KE

Student 33 (IDR): "As the temperature decreases, the kinetic energy of the gases decreases, and since the collisions also decrease, the area they spread into becomes smaller. Gas particles come closer to each other."

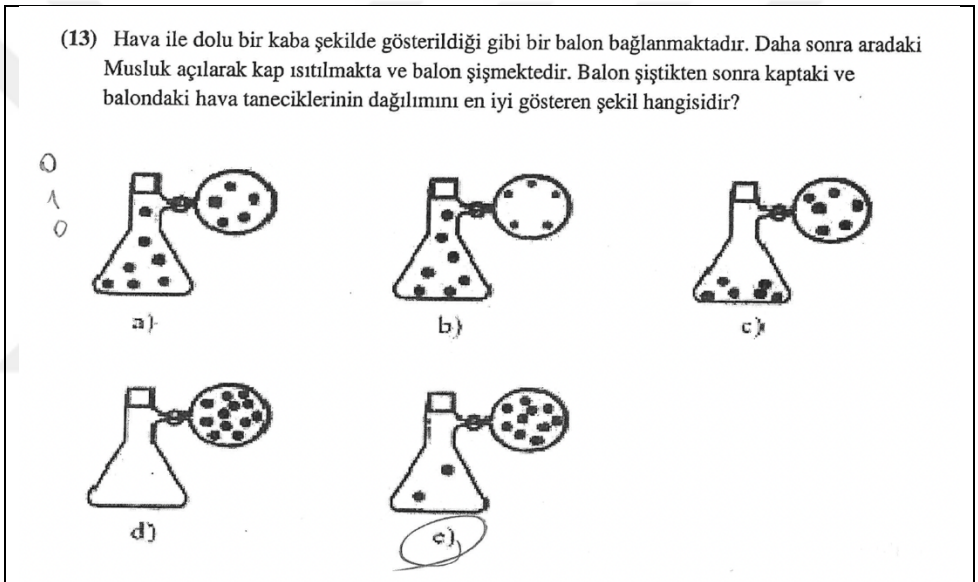
Figure 4.10. Sample alternative conception examples from IDR group students (cont.).

Confirmatory Interview with Student 44 (IDR): (Question 5 in the posttest.)

Interviewer*: Can we move on to question 5? There's a figure here — or rather, a representation. It shows air particles at 25°C. If we lower the temperature of this container to 5°C, how do you think the distribution of gas molecules will change?*
Student 44*: Well, I thought like this: I mean, the temperature of the gas is reduced, but since gases take the shape of their container, I thought it would remain the same. The idea of them gathering in the middle or sinking down didn't really make sense to me. That's why I thought that way.*
Interviewer*: Which option are you choosing?*
Student 44*: D. (Correct option, showing uniform distribution – Sci_Uni)*
Interviewer*: So, you're saying option D is the most logical one. If you recall the animations, does this answer match what you saw in the animations?*
Student 44: *In the animations, only their speeds changed, but they still filled the entire container. So, those figures (referring to other options) seemed a bit weird to me. (Sci_KE)*
Interviewer: *So, you're saying that we didn't see anything in the animations showing particles behaving differently when the temperature increased or decreased?*
Student 44*: No, I don't remember seeing that.*

Figure 4.10. Sample alternative conception examples from IDR group students (cont.).

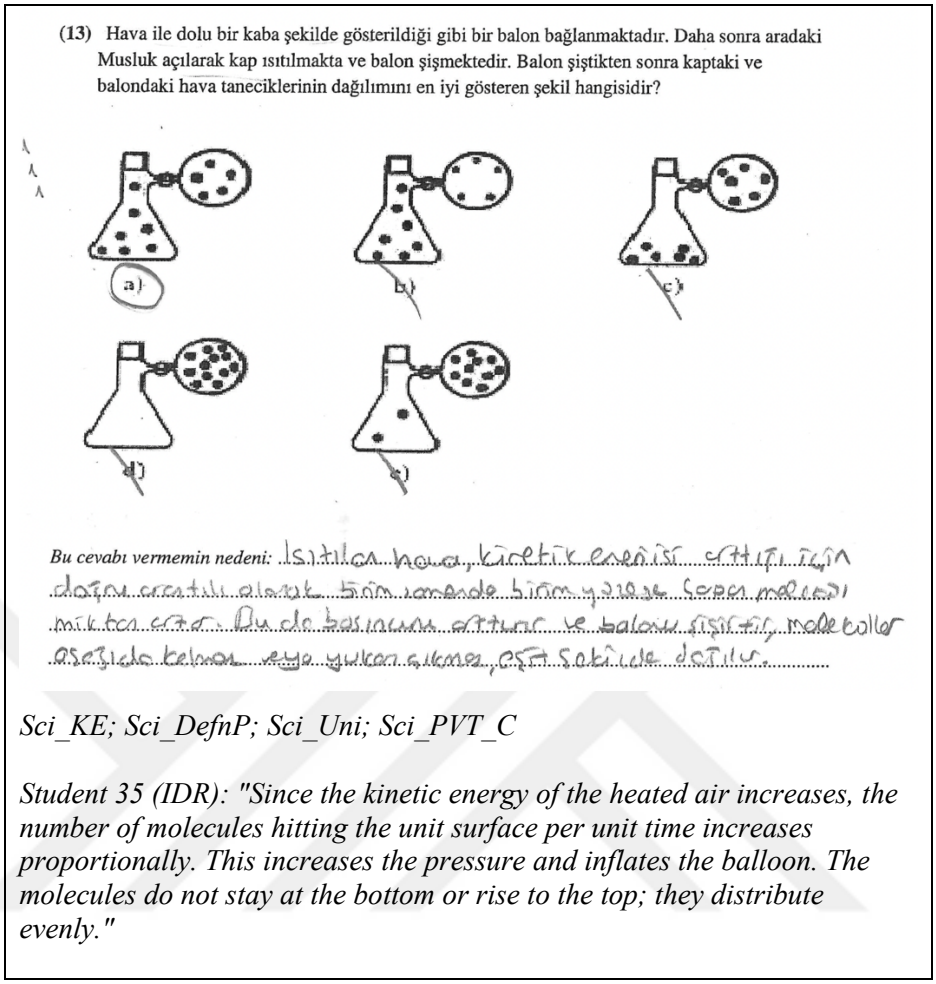
As the temperature increases, gas particles rise and distribute only or mostly on the upper part of the container (Alt_Uni1): This alternative conception showed an unexpected increase for the ISR group. However, the opposite trend was observed for the IDR group. The frequency of this alternative conception decreased from 55.88% in the pre-test to 23.53% in the post-test. A possible explanation for this decrease could be that, despite the commonly emphasized phrase in other subjects that 'warm air rises,' students who observed dynamic representations may have recalled these visualizations when interpreting the behavior of gases at different temperatures.



Alt_Uni1; Sci_KE; Sci_Eq

Student 47 (IDR): "The kinetic energy of the heated particles increases and rises. Since the pressure will increase, it tries to balance the internal and external pressure by increasing the volume, which is why the balloon inflates and fills with particles."

Figure 4.10. Sample alternative conception examples from IDR group students (cont.).

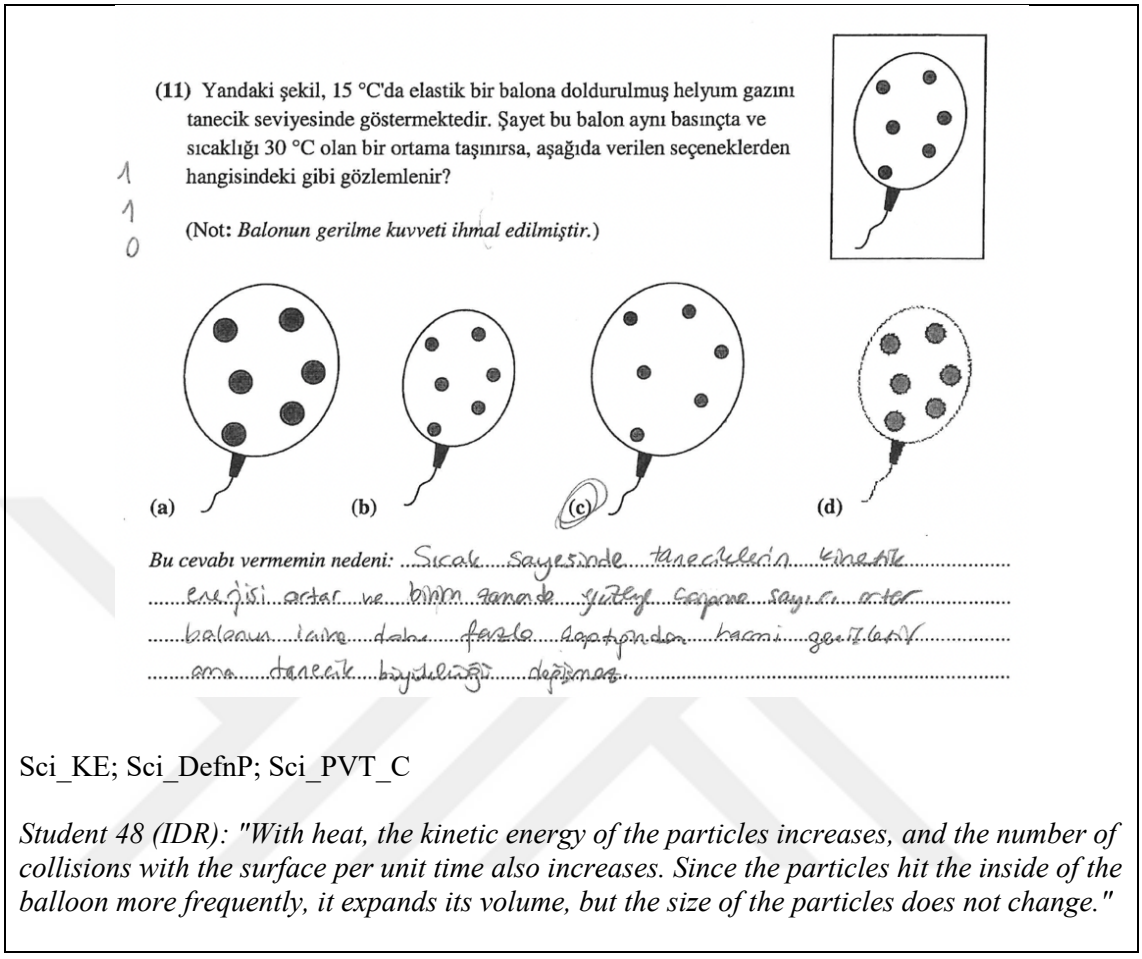


Sci_KE; Sci_DefnP; Sci_Uni; Sci_PVT_C

Student 35 (IDR): "Since the kinetic energy of the heated air increases, the number of molecules hitting the unit surface per unit time increases proportionally. This increases the pressure and inflates the balloon. The molecules do not stay at the bottom or rise to the top; they distribute evenly."

Figure 4.10. Sample alternative conception examples from IDR group students (cont.).

Size of a particle changes with the change in the temperature (Alt_Size2): This alternative conception is one of the key concepts that needs to be discussed specifically for the IDR group. The pretest results revealed an unexpectedly high number of students holding this alternative conception. However, in the posttest, only one student maintained this alternative conception. The frequency of the *Alt_Size2* alternative conception decreased from 41.18% in the pre-test to 2.94% in the posttest. A possible reason for this significant reduction could be that students were able to recall from the dynamic representations and applied manipulations that the size of atoms does not change. The following student response is an example indicating that particle size does not change with temperature.



Sci_KE; Sci_DefnP; Sci_PVT_C

Student 48 (IDR): "With heat, the kinetic energy of the particles increases, and the number of collisions with the surface per unit time also increases. Since the particles hit the inside of the balloon more frequently, it expands its volume, but the size of the particles does not change."

Figure 4.10. Sample alternative conception examples from IDR group students (cont.).

When the temperature increases, the pressure decreases or does not change; or when the temperature decreases, pressure increases or does not change (Alt_PVT_G): Finally, it is necessary to address the alternative conception referring to Gay-Lussac's law for the IDR group. While this alternative conception was observed at a rate of 41.18% in the pretest, not a single student held this alternative conception in the posttest. One of the main criteria for the assigned types of understandings is the number of existing alternative conceptions. Therefore, this change, along with *Alt_Size2, Alt_Pvt_C,* and *Alt_Comp,* represents a significant shift in the types of conceptual understandings.

Summary for ISR and IDR Groups. As explained in previous section, alternative conceptions had occurred before and after both ISR and IDR groups, however their frequencies have changed after the intervention as can be seen from Table 4.9.

Table 4.9. The frequencies and percentages of alternative conceptions in ISR and IDR groups

Types of Alternative Conceptions	*ISR Group*				*IDR Group*			
	Pretest		*Posttest*		*Pretest*		*Posttest*	
	f	*%*	*f*	*%*	*f*	*%*	*f*	*%*
Alt_MC1	4	13.33	3	10.00	2	5.88	0	0
Alt_MC2	2	6.66	0	0	0	0	0	0
Alt_MC3	4	13.33	3	10.00	11	32.35	7	20.59
Alt_MC4	0	0	0	0	6	17.65	1	2.94
Alt_MC5	5	16.66	3	10.00	8	23.53	4	11.76
Alt_Uni1	6	20.00	11	36.66	19	55.88	8	23.53
Alt_Uni2	28	93.33	16	53.33	23	65.71	14	41.18
Alt_Uni3	0	0	0	0	5	14.71	1	2.94
Alt_Size1	3	10.00	0	0	2	5.88	2	5.88
Alt_Size2	1	3.33	1	3.33	14	41.18	1	2.94
Alt_Comp	1	3.33	0	0	3	8.82	0	0
Alt_PVT_B1	7	23.33	6	20.00	9	26.47	9	26.47
Alt_PVT_B2	14	46.66	13	43.33	20	58.82	15	44.12
Alt_PVT_C	2	6.66	1	3.33	3	8.82	0	0
Alt_PVT_G	7	23.33	0	0	14	41.18	0	0
Alt_Eq	0	0	1	3.33	0	0	0	0

In both groups, the frequencies of most alternative conceptions decreased from the pretest to the posttest, including Alt_Uni2, Alt_MC5, Alt_Uni2, and Alt_PVT_G. However, the frequency changes from pre-to-posttest differ between the ISR and IDR groups. For example, Alt_MC5 decreased from 16.6% to 10.0% in the ISR group, while in the IDR group, it dropped from 23.53% to 11.76%. Similarly, Alt_Size2 remained at 3.3% in the ISR group, whereas it decreased from 41.18% to 2.94% in the IDR group.

On the other hand, some alternative conceptions persisted. For example, Alt_PVT_B1 was observed in 23.33% of the ISR group before instruction, with only a slight decrease to 20.00% after instruction. In the IDR group, Alt_PVT_B1 was present in 26.47% of participants in the pretest, and the same frequency was observed in the posttest. Likewise, Alt_PVT_B2 was present in 46.66% of the ISR group, decreasing slightly to 43.33%, while in the IDR group, the frequency dropped from 58.82% to 44.12%.

Surprisingly, the frequency of one alternative conception, Alt_Uni1, increased from 20.0% to 36.6% in the ISR group. However, in the IDR group, the same alternative conception, which refers to the belief that gas particles exhibit a nonuniform distribution when heated, decreased from 55.88% to 23.53%.

It is important to note that Alt_Eq was observed a single time during the posttest administration for the ISR group.

5. DISCUSSION

This study investigated the following research questions:

(i) What are the types of conceptual understandings held by Grade 9 students about gas behavior just before and immediately after the completion of inquiry instruction with static particulate representations (ISR) and inquiry instruction with dynamic particulate representations (IDR)?

(ii) How do Grade 9 students' types of conceptual understandings of gas behavior differ before and immediately after the completion of ISR and IDR?

(iii) How do the two groups (ISR and IDR) compare in terms of their conceptual understanding of gas behavior before and immediately after the completion of ISR and IDR?

(iv) What are the alternative conceptions on gas behavior held by Grade 9 students just before and immediately after the completion of ISR and IDR?

The current study explored the effectiveness of two instructional approaches - namely ISR and IDR - in terms of changes in Grade 9 students' conceptual understanding of gas behavior from pre-instruction to post-instruction. Prior to the instruction, students in both groups demonstrated similar types of understanding *(e.g. alternative understanding or alternative understanding with scientific fragments).* After the instruction, the findings indicated that incorporating multiple representations in both the ISR and IDR instructions, particularly through activities that allowed students to investigate natural phenomena at the submicroscopic level, contributed to the changes in their conceptual understanding *(e.g. Scientific understanding 1 with alternative fragments or scientific fragments or scientific understanding).*

Based on the findings of the sign test ($p < .001$ for both ISR and IDR groups) and the dependent samples t-tests for within-group change ($t(29) = -10.2$, $p < .001$ for the ISR group; $t(33) = -15.2$, $p < .001$ for the IDR group), it can be concluded that - regardless of whether the visualization was static or dynamic - inquiry-based instruction supported by multiple representations effectively promoted students' understanding of gas behavior. These results are consistent with previous research highlighting the positive impact of multiple representations on conceptual development (Derman & Ebenezer, 2020; Permatasari et al., 2022; Sitalakshmi et al., 2015).

However, the group exposed to dynamic visualizations (IDR) demonstrated a greater degree of conceptual progress, as reflected in their higher post-test scores ($M = 26.9$, $SD = 5.75$, compared to $M = 23.5$, $SD = 5.85$ in the ISR group), larger gains in scientific understanding categories (29 students showed positive change with no negative change in the IDR group, whereas the ISR group showed 24 positive and 1 negative change according to the sign test), and a more substantial reduction in alternative conceptions. Specifically, 9 out of 16 alternative conceptions showed a greater decrease in the percentage of occurrence in the IDR group (see Table 4.9).

The findings of this study strongly align with the principles of conceptual change theory (Posner et al., 1982), particularly the notion that for a learner to replace an alternative conception with a scientifically accurate one, they must experience dissatisfaction with their prior understanding and find the new conception intelligible, plausible, and fruitful. In the case of the IDR group, dynamic visualizations may have provided more compelling and vivid representations that effectively triggered cognitive conflict and dissatisfaction with existing conceptual understandings.

The superior performance of the IDR group can also be interpreted through the lens of conceptual change model. Dynamic representations were likely more effective in visually confronting students' alternative conceptions. For example, in the case of Alt_Uni1, students in the dynamic group were better able to recall and integrate the scientifically accurate representation of uniform distribution. In contrast, static visuals may not have provided sufficient perceptual discrepancy to challenge the alternative conception, and in some cases may have unintentionally reinforced it.

From a constructivist point of view, learners build new knowledge based on prior knowledge. The effectiveness of the IDR approach might stem from its better support for students' reconstruction of their existing knowledge structures. The dynamic visualizations likely served as more effective scaffolds for students to reorganize their conceptual frameworks, facilitating richer knowledge integration.

The results also offer insight into how the design of visualizations can impact learning. According to Mayer's Multimedia Learning Theory and Sweller's Cognitive Load Theory, well-paced animations help learners process complex, time-based information more effectively by distributing information across time and reducing extraneous cognitive load. In this study, dynamic representations may have better supported temporal integration of particle behavior, making causal relationships (e.g., between temperature and pressure) more apparent, especially for learners with low prior knowledge.

The present study also aimed to examine which alternative conceptions were observed and how frequently they appeared in both the ISR and IDR groups before and after the instruction. Several alternative conceptions, consistent with the literature, were identified in both groups. Among them, *Alt_Uni1, Alt_Uni2, Alt_PVT_B1, Alt_PVT_B2, Alt_PVT_G, Alt_MC3, Alt_MC5,* and *Alt_Size2* were the most frequently observed and will be examined in detail in this section, with particular attention to how they align with findings from previous studies.

In both the ISR and IDR groups, the most frequently observed alternative conceptions were related to the nonuniform distribution of gas particles (*Alt_Uni1, Alt_Uni2, and Alt_Uni3*), all of which reflect misunderstandings that contrast with the scientifically accepted idea that gas particles are evenly distributed throughout a container. A majority of students in the ISR group (28 out of 30, 93.3%) and the IDR group (23 out of 34, 65.7%) believed that when the temperature decreases, gas particles settle at the bottom of the container. This result is consistent with previous research, which found that students often struggle to understand the uniform distribution of gases (Celik, 2013; Demirel & Anıl, 2016; Ipek, 2007; Liang et al., 2011; Yalçınkaya, 2010). It can be considered that this alternative conception is reinforced by the widely known statement

among students that "heated air rises, cooled air sinks" and/or by the fact that this explanation is frequently mentioned in different disciplines such as geography.

The frequency of *Alt_Uni2,* which states that "as the temperature decreases, gas particles settle and distribute only or mostly at the bottom of the container," decreased in both the ISR and IDR groups after the intervention. However, an unexpected result was observed for *Alt_Uni1,* which states that “as the temperature increases, gas particles distribute only or mostly at the top of the container". While the frequency of this misconception dropped from 55.88% to 23.53% in the IDR group, it increased from 20.00% to 36.6% in the ISR group. During the confirmatory interviews, students were asked questions about the distribution of gas particles and were prompted to recall the representations used during instruction. Students in the IDR group were able to recall that the dynamic representations showed gas particles as being evenly distributed, regardless of whether the gas was heated or cooled. In contrast, students in the ISR group, who were exposed to static representations, either could not recall the representations or stated that gas particles appeared to cluster in certain areas. These findings suggest that, in the case of this particular alternative conception, static representations were not sufficiently effective in terms of promoting the idea of uniform distribution of gas particles - and may have even contributed to reinforcing the alternative conception.

The alternative conceptions that “an increase in volume causes particles to move more slowly or decreases their kinetic energy” (*Alt_PVT_B1*) and “a decrease in volume causes particles to move faster or increases their kinetic energy” (*Alt_PVT_B2*) were identified in both the ISR and IDR groups. These alternative conceptions are also well-documented in the literature. For instance, Jauhariyah et al. (2018) found that approximately 66.67% of students held alternative conceptions related to the kinetic energy of gases. In a similar vein, Yalcinkaya (2010) and Adadan (2020) highlighted that many students believe that the kinetic energy of gas particles increases as the volume of the container decreases, even when the temperature remains constant, indicating an alternative understanding of the relationship between volume and kinetic energy independent of temperature. One possible reason for this alternative conception is that students do not fully understand the concept of gas pressure and encode gas pressure in terms of ‘collision intensity/speed’ rather than ‘collision frequency’.

When examining the changes in the frequency of these alternative conceptions, it was observed that in the ISR group, *Alt_PVT_B1* decreased slightly from 23.33% to 20.00%, while in the IDR group, it remained unchanged at 26.47%. Similarly, the frequency of *Alt_PVT_B2* showed a minimal decrease in the ISR group, from 46.66% to 43.33%, whereas in the IDR group, it declined more noticeably from 58.82% to 44.12%. These results suggest that neither static nor dynamic visualization-based instruction was particularly effective in facilitating the replacement of these alternative conceptions with scientifically accurate ones. In the case of the dynamic group, one possible explanation may be that, during the simulation, when the volume is reduced, the increased number of collisions within a smaller space may have led students to mistakenly infer that the speed of the particles - and therefore their kinetic energy - increased.

Some of the persistent alternative conceptions observed in this study - particularly Alt_PVT_B1 and Alt_PVT_B2 - may also be interpreted through the lens of Cognitive Load Theory (Sweller, 1988). According to this framework, when instructional materials impose a high level of extraneous cognitive load, learners may struggle to allocate sufficient working memory resources for meaningful learning. In this context, if the visual and conceptual elements of gas behavior are not clearly structured to minimize extraneous load, students may default to intuitive but inaccurate reasoning patterns, such as assuming that "more crowded particles move faster." Without instructional strategies that explicitly manage cognitive load and scaffold the integration of key ideas, these intuitive misconceptions may persist despite exposure to scientifically accurate explanations.

Another frequently observed group of alternative conceptions was related to the mass of gas particles**,** specifically *Alt_MC3* ("cold air weighs more than hot air") and *Alt_MC5* ("when a liquid changes its physical state to a gas, it loses weight"). For the ISR group, the frequency of *Alt_MC3* decreased slightly from 13.33% to 10.0%, while in the IDR group, it dropped from 32.35% to 20.59%. Findings from previous studies support these results. Demirci (2015), for example, identified the alternative conception that heated gas weighs less. Similarly, studies by Yavuz and Çelik (2013) and Erten and Yıldırım (2010) reported that students believed hot gases are lighter and therefore accumulate at the top of the container - revealing an alternative conception about the relationship between temperature and mass in the gas state.

Similarly, for *Alt_MC5,* the frequency decreased from 16.66% to 10.0% in the ISR group, and from 23.53% to 11.76% in the IDR group. This alternative conception is also consistent with findings reported in the literature. In many studies, it has been noted that students believe that a substance undergoing a phase change from liquid to gas loses mass (Demirci Celep, 2015; Çetin, 2009; Çetin et al., 2009; Stavy, 1988; Yalçınkaya, 2010).

Another alternative conception identified in this study was *Alt_Size2* - "the size of a particle changes with temperature." In the ISR group, this alternative conception was observed in 3.33% of the students and remained unchanged after instruction. Interestingly, this alternative conception was found in 41.18% of students in the IDR group prior to instruction. This aligns with previous findings in the literature (e.g., Çetin, 2009; Çavdar et al., 2016; Demirer, 2009; Griffiths & Preston, 1992; Karslı & Ayas, 2013), although the percentage observed in the IDR group was notably higher than both the ISR group (3.3%) and the 20% reported in Griffiths and Preston's study. After the instructional intervention, this alternative conception persisted in only one student (2.94%) in the IDR group. These results suggest that the dynamic simulation used in the IDR group was effective in helping students understand that particle size does not change with temperature, indicating its potential as a valuable instructional tool for addressing this specific conception.

Alt_Eq was identified in one student solely in the posttest of the ISR group. However, it could not be conclusively determined whether this occurrence was due to a typographical error, a misinterpretation of the question, or the presence of an underlying alternative conception.

As a final point regarding alternative conceptions, it is useful to examine *Alt_PVT_G,* which refers to the belief that *"when the temperature increases, pressure decreases or does not change; or when the temperature decreases, pressure increases or does not change."* In the ISR group, the frequency of this alternative conception dropped from 23.33% to 0%, and in the IDR group, it decreased from 41.18% to 0% as well. These results are consistent with the findings of Demirel and Anıl (2016), who reported that students commonly believed that *as temperature decreases, volume also decreases and gas pressure increases,* reflecting an alternative conception that temperature and pressure are inversely related. The complete elimination of *Alt_PVT_G* in both groups suggests that the

instruction - regardless of whether it incorporated static or dynamic representations - was effective in replacing this alternative conception with scientifically accurate understanding.

Another research question addressed in this study was whether there was a statistically significant difference between the ISR and IDR groups after the instruction. The analysis, based on a rubric developed to evaluate particle-level explanations, showed that the group supported with dynamic visualizations performed statistically higher than the group supported with static visualizations.

In the context of the mixed results frequently reported in the literature on this topic, the findings of this study support the conclusion that dynamic visualizations are more effective than static visualizations (Berney & Betrauncort 2016; Ploetzner et al., 2020; Ryoo and Linn, 2011). Considering Cognitive Load Theory, it is important to note that the static and dynamic representations used in this study were derived from the same simulation to eliminate other variables (Höffler & Leutner, 2007). No additional text or stimuli were included in either representation, or user interaction was not allowed in either condition.

The results also align well with Cognitive Load Theory (Sweller, 1988), particularly regarding the management of extraneous load. By using the same simulation in both static and dynamic formats and controlling for textual and interactive differences, the study minimized confounding variables. Given that learners with lower prior knowledge are more prone to cognitive overload (Kalyuga, 2007), the superior performance of the IDR group suggests that dynamic representations provided additional scaffolding to reduce processing demands. As indicated in the literature (Paas et al., 2003; Sweller et al., 2011), well-designed dynamic visuals can help distribute information across time and space, easing the working memory load.

However, given the mixed results in the literature, it would be more accurate to avoid overgeneralization and instead conclude that inquiry-based instruction supported by dynamic visualizations was more effective specifically in the context of gas behavior. Furthermore, when considering the previous research question on alternative conceptions, it is evident that some alternative conceptions - such as the belief that a change in volume

at constant temperature results in a change in particle speed or kinetic energy - could not be replaced with scientifically accurate conceptions through either static or dynamic visualizations. This specific case aligns with previous findings in the literature suggesting that there may be no significant difference between static and dynamic visualizations in supporting students' understanding of certain chemistry concepts (Höffler & Schwartz, 2011; Lewalter, 2003; Rebetez et al. 2010)

5.1. Implications

These findings have practical implications for chemistry education. First, they reinforce the value of using multiple levels of representation (macroscopic, submicroscopic, symbolic) to support conceptual learning. Second, they suggest that dynamic visualizations, when carefully integrated into inquiry-based instruction, can enhance students' conceptual understanding more effectively than static visuals. This is particularly encouraging for abstract phenomena such as gas behavior, chemical reactions, atomic structure, particulate nature of matter where students often rely on intuition or incorrect prior knowledge.

However, the persistence of certain alternative conceptions also highlights the need for explicit instructional strategies that directly confront these ideas. Dynamic visuals should not be seen as a standalone solution but rather as a tool that must be paired with guided questioning, discussion, and opportunities for students to reflect on and revise their thinking according to constructivist approaches.

5.2. Limitations of the Study and Suggestions for Future Research

While this study provides meaningful insights into the use of static and dynamic visualizations in chemistry education, several limitations should be acknowledged to guide future research. One limitation lies in the non-interactive nature of the visualizations used.

Both the static and dynamic representations were presented in a fixed format, without allowing any learner interaction. Although this design helped control for extraneous variables, it also restricted the potential benefits of learner-paced exploration. Future studies could examine the effects of interactive simulations - particularly those that allow students to manipulate variables such as volume, temperature, and pressure - on conceptual understanding.

Another limitation is related to the short time frame between instruction and posttesting. The posttest was administered only two weeks after instruction, which provides insight into short-term gains but does not inform us about the durability of conceptual change. Future studies could incorporate delayed post-tests to examine whether improvements in understanding are sustained over time.

Although prior knowledge is widely acknowledged as a key factor in learning with multiple representations, this study could not explore its impact due to the fact that both groups demonstrated similar levels of prior knowledge based on the pretest. As a result, no conclusions could be drawn regarding the interaction between prior knowledge and learning from static versus dynamic representations. Future research could investigate how students with varying levels of prior knowledge benefit differently from these instructional formats.

In addition, representational competence - the ability to interpret and coordinate among different types of visual and symbolic representations - remains an important area for further investigation. Future studies could examine how students' representational skills relate to their learning outcomes by comparing the effects of static and dynamic visualizations on chemistry achievement.

Finally, gender has been noted as an underexplored variable in the literature on multiple representations. Some studies have pointed out that gender differences are rarely addressed, despite their potential impact on how students interact with visual materials. Future research could examine whether and how gender influences learning outcomes when using static versus dynamic visualizations, thereby contributing to more inclusive and equitable instructional designs.

REFERENCES

Abdi, A., 2014, "The Effect of Inquiry-Based Learning Method on Students' Academic Achievement in Science Course", *Universal Journal of Educational Research*, Vol. 2, No. 1, pp. 37-41.

Adadan, E., 2006, *Promoting High School Students' Conceptual Understandings of the Particulate Nature of Matter through Multiple Representations*, Ph.D. Thesis, The Ohio State University.

Adadan, E., 2020, "Analyzing the Role of Metacognitive Awareness in Preservice Chemistry Teachers' Understanding of Gas Behavior in a Multirepresentational Instruction Setting", *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 57, No. 2, pp. 253-278.

Ali, N., S. Ullah, and D. Khan, 2022, "Interactive Laboratories for Science Education: A Subjective Study and Systematic Literature Review", *Multimodal Technologies and Interaction*, Vol. 6, No. 10, p. 85.

Ardac, D., and S. Akaygun, 2005, "Using Static and Dynamic Visuals to Represent Chemical Change at Molecular Level", *International Journal of Science Education*, Vol. 27, No. 11, pp. 1269-1298.

Ausubel, D. P., 1969, "A Cognitive Theory of School Learning", *Psychology in the Schools*, Vol. 6, No. 4, pp. 331-335.

Aydeniz, M., A. Pabuccu, P. S. Cetin, and E. Kaya, 2012, "Argumentation and Students' Conceptual Understanding of Properties and Behaviors of Gases", *International Journal of Science and Mathematics Education*, Vol. 10, pp. 1303-1324.

Başer, M., 2006, "Fostering Conceptual Change by Cognitive Conflict Based Instruction on Students' Understanding of Heat and Temperature Concepts", *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, Vol. 2, No. 2, pp. 96-114.

Berney, S., and M. Bétrancourt, 2016, "Does Animation Enhance Learning? A Meta Analysis", *Computers & Education*, Vol. 101, pp. 150-167.

Bangert-Drowns, R. L., M. M. Hurley, and B. Wilkinson, 2004, "The Effects of School Based Writing-to-Learn Interventions on Academic Achievement: A Meta Analysis", *Review of Educational Research*, Vol. 74, No. 1, pp. 29-58.

Benson, D. L., M. C. Wittrock, and M. E. Baur, 1993, "Students' Preconceptions of the Nature of Gases", *Journal of Research in Science Education*, Vol. 30, No. 6, pp. 587-597.

Bongers, A., B. Beauvoir, N. Streja, G. Northoff, and A. B. Flynn, 2020, "Building Mental Models of a Reaction Mechanism: The Influence of Static and Animated Representations, Prior Knowledge, and Spatial Ability", *Chemistry Education Research and Practice*, Vol. 21, No. 2, pp. 496-512.

Bretz, S. L., 2001, "Novak's Theory of Education: Human Constructivism and Meaningful Learning", *Journal of Chemical Education*, Vol. 78, No. 8, p. 1107-1115.

Bryce, T. G. K., and E. J. Blown, 2024, "Ausubel's Meaningful Learning Re-Visited", *Current Psychology*, Vol. 43, No. 5, pp. 4579-4598.

Castro-Alonso, J. C., P. Ayres, and F. Paas, 2016, "Comparing Apples and Oranges? A Critical Look at Research on Learning from Statics versus Animations", *Computers & Education*, Vol. 102, pp. 234-243.

Castro-Alonso, J. C., M. Wong, O. O. Adesope, P. Ayres, and F. Paas, 2019, "Gender Imbalance in Instructional Dynamic versus Static Visualizations: A Meta Analysis", *Educational Psychology Review*, Vol. 31, pp. 361-387.

Çavdar, O., S. Okumuş, and K. Doymuş, 2016, "Fen Eğitimi Öğrencilerinin Maddenin Tanecikli Yapısıyla İlgili Anlamalarının Belirlenmesi/Determining Understandings Related to the Particulate Nature of Matter of Students at Science Education", *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Vol. 13, No. 33, pp. 69-93.

Celep, N. D., 2015, *The Effects of Argument-Driven Inquiry Instructional Model on 10th Grade Students' Understanding of Gases Concepts*, Ph.D. Thesis, Middle East Technical University.

Cetin, P. S., 2009, *Effects of Conceptual Change-Oriented Instruction on Understanding of Gases Concepts*, Ph.D. Thesis, Middle East Technical University.

Cetin, P. S., E. Kaya, and Ö. Geban, 2009, "Facilitating Conceptual Change in Gases Concepts", *Journal of Science Education and Technology*, Vol. 18, No. 2, pp. 130 137.

Champagne, A. B., R. F. Gunstone, and L. E. Klopfer, 1983, "Naive Knowledge and Science Learning", *Research in Science & Technological Education*, Vol. 1, pp. 173-183.

Chao, J., et al., 2016, "Sensor-Augmented Virtual Labs: Using Physical Interactions with Science Simulations to Promote Understanding of Gas Behavior", *Journal of Science Education and Technology*, Vol. 25, No. 1, pp. 16-33.

Chiu, J. L., C. J. DeJaegher, and J. Chao, 2015, "The Effects of Augmented Virtual Science Laboratories on Middle School Students' Understanding of Gas Properties", *Computers & Education*, Vol. 85, pp. 59-73.

Chiu, M. H., and S. L. Chung, 2013, "The Use of Multiple Perspectives of Conceptual Change to Investigate Students' Mental Models of Gas Particles", *Concepts of Matter in Science Education*, Vol. 19, pp. 143-168.

Correia, A. P., N. Koehler, A. Thompson, and G. Phye, 2019, "The Application of PhET Simulation to Teach Gas Behavior on the Submicroscopic Level: Secondary School Students' Perceptions", *Research in Science & Technological Education*, Vol. 37, No. 2, pp. 193-217.

Coştu, B., 2008, "Big Bubbles in Boiling Liquids: Students' Views", *Chemistry Education Research and Practice*, Vol. 9, No. 3, pp. 219-224.

Cox Jr., C. T., J. S. Poehlmann, C. Ortega, and J. C. Lopez, 2018, "Using Writing Assignments as an Intervention to Strengthen Acid–Base Skills", *Journal of Chemical Education*, Vol. 95, No. 8, pp. 1276-1283.

Clough, E. E., and R. Driver, 1986, "A Study of Consistency in the Use of Students' Conceptual Frameworks Across Different Task Contexts", *Science Education*, Vol. 70, No. 4, pp. 473-496.

Creswell, J. W., and C. N. Poth, 2016, *Qualitative Inquiry and Research Design: Choosing Among Five Approaches*, Sage Publications, Thousand Oaks, CA.

Demirel, M., and Ö. Anıl, 2017, "Kavramsal Değişim Yaklaşımına Yönelik Çalışma: Gazlar Konusu", *Kara Harp Okulu Bilim Dergisi*, Vol. 27, No. 2, pp. 93-118.

Demirer, C., 2009, *Gazlar Ünitesinde Bilgisayar Destekli ve Laboratuar Temelli Öğretimin Öğrencilerin Başarısına, Kavram Öğrenimine ve Kimya Tutumlarına Etkisi*, M.S. Thesis, Marmara Üniversitesi.

Derman, A., and J. Ebenezer, 2020, "The Effect of Multiple Representations of Physical and Chemical Changes on the Development of Primary Pre-Service Teachers' Cognitive Structures", *Research in Science Education*, Vol. 50, pp. 1575-1601.

Dole, J. A., and G. M. Sinatra, 1998, "Reconcepualizing Change in the Cognitive Construction of Knowledge", *Educational Psychologist*, Vol. 33, No. 2-3, pp. 109-128.

Duit, R., and D. F. Treagust, 2003, "Conceptual Change: A Powerful Framework for Improving Science Teaching and Learning", *International Journal of Science Education*, Vol. 25, No. 6, pp. 671-688.

Driver, R., and V. Oldham, 1986, "A Constructivist Approach to Curriculum Development in Science", *Studies in Science Education*, Vol. 13, No. 1, pp. 105–122.

Ernest, P., 1995, *The One and the Many*, in *Constructivism in Education*, Lawrence Erlbaum, Hillsdale, NJ, pp. 459-486.

Erten, H., and B. Yıldırım, 2010, *Sınıf Öğretmeni Adaylarının Gazlar Konusundaki Kavramları Anlama Düzeyleri ile Kavram Yanılgılarının Tespiti*, M.S. Thesis, Fırat University.

Gabel, D., 1999, "Improving Teaching and Learning through Chemistry Education Research: A Look to the Future", *Journal of Chemical Education*, Vol. 76, No. 4, pp. 548-554.

Geban, Ö., 2012, *The Effect of Metaconceptual Teaching Instruction on 10th Grade Students' Understanding of States of Matter, Self-Efficacy Toward Chemistry, and the Nature of Metaconceptual Processes*, Ph.D. Thesis, Middle East Technical University.

Gilbert, J. K., and D. F. Treagust, 2009, *Multiple Representations in Chemical Education*, Vol. 2, Springer, Dordrecht.

Gregoire, M., 2003, "Is It a Challenge or a Threat? A Dual-Process Model of Teachers' Cognition and Appraisal Processes During Conceptual Change", *Educational Psychology Review*, Vol. 15, pp. 147-179.

Griffiths, A. K., and K. R. Preston, 1992, "Grade-12 Students' Misconceptions Relating to Fundamental Characteristics of Atoms and Molecules", *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 29, No. 6, pp. 611-628.

Gulacar, O., A. Milkey, and S. McLane, 2019, "Exploring the Effect of Prior Knowledge and Gender on Undergraduate Students' Knowledge Structures in Chemistry", *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, Vol. 15, No. 8, pp. 8-24.

Gurcay, D., and E. Gulbas, 2015, "Development of Three-Tier Heat, Temperature and Internal Energy Diagnostic Test", *Research in Science & Technological Education*, Vol. 33, No. 2, pp. 197-217.

Jauhariyah, M. N. R., N. Suprapto, S. Admoko, W. Setyarsih, Z. Harizah, and Zulfa, 2018, "The Students' Misconceptions Profile on Chapter Gas Kinetic Theory", in *Journal of Physics: Conference Series*, Vol. 997, No. 1, p. 012031, IOP Publishing.

Hegarty, M., 2004, "Dynamic Visualizations and Learning: Getting to the Difficult Questions", *Learning and Instruction*, Vol. 14, No. 3, pp. 343-351.

Hewson, P. W., and M. G. A. B. Hewson, 1984, "The Role of Conceptual Conflict in Conceptual Change and the Design of Science Instruction", *Instructional Science*, Vol. 13, No. 1, pp. 1-13.

Hilton, A., Nichols, K., and Gitsaki, C., 2010 , "Multiliteracies in Secondary Chemistry: A Scaffolding Model for the Development of Students' Chemical Literacy Using Digital Technologies", Handbook of Research on Multiliteracies and Technology Enhanced Education: Social Practice and the Global Classroom, edited by D. L. Pullen and D. R. Cole, Hershey, PA, IGI Global, pp. 186-208.

Höffler, T. N., and D. Leutner, 2007, "Instructional Animation Versus Static Pictures: A Meta-Analysis", *Learning and Instruction*, Vol. 17, No. 6, pp. 722-738.

Hoeffler, T. N., and R. N. Schwartz, 2011, "Effects of Pacing and Cognitive Style Across Dynamic and Non-Dynamic Representations", *Computers & Education*, Vol. 57, No. 2, pp. 1716-1726.

Ipek, I., 2007, *Implementation of Conceptual Change Oriented Instruction Using Hands on Activities on Tenth Grade Students' Understanding of Gases Concepts*, M.S. Thesis, Middle East Technical University.

Jauhariyah, M. N. R., Suprapto, N., Admoko, S., Setyarsih, W., Harizah, Z., and Zulfa, I., 2018, "The students' misconceptions profile on chapter gas kinetic theory", Journal of Physics: Conference Series, Vol. 997, Surabaya, Indonesia, No. 1, p. 012031.

Johnstone, A. H., 1991, "Why Is Science Difficult to Learn? Things Are Seldom What They Seem", *Journal of Computer Assisted Learning*, Vol. 7, No. 2, pp. 75-83.

Johnstone, A. H., 1996, "Chemistry Teaching: Science or Alchemy?", *Journal of Chemical Education*, Vol. 74, No. 3, pp. 45-81.

Kalyuga, S., 2007, "Expertise Reversal Effect and Its Implications for Learner-Tailored Instruction", *Educational Psychology Review*, Vol. 19, pp. 509-539.

Kalyuga, S., 2008, "Relative Effectiveness of Animated and Static Diagrams: An Effect of Learner Prior Knowledge", *Computers in Human Behavior*, Vol. 24, No. 3, pp. 852-861.

Karslı, F., and A. Ayas, 2013, "Fen ve Teknoloji Dersi Öğretmen Adaylarının Bilimsel Süreç Becerilerinin Ölçülmesine İlişkin Bir Test Geliştirme Çalışması", *Journal of Turkish Science Education*, Vol. 10, No. 2, pp. 66-84.

Kingir, S., 2013, "Using Non-Traditional Writing as a Tool in Learning Chemistry", *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, Vol. 9, No. 2, pp. 101-114.

Kirbulut, D., 2012, *The Effect of Metaconceptual Teaching Instruction on 10th Grade Students' Understanding of States of Matter, Self-efficacy Toward Chemistry, and the Nature of Metaconceptual Processes*, Ph.D. Thesis, Middle East Technical University.

Kirbulut, Z. D., and O. Geban, 2014, "Using Three-Tier Diagnostic Test to Assess Students' Misconceptions of States of Matter", *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, Vol. 10, No. 5, pp. 509-521.

Klein, P. D., 2004, "Constructing Scientific Explanations Through Writing", *Instructional Science*, Vol. 32, pp. 191-231.

Klopfer, L. E., A. B. Champagne, and R. F. Gunstone, 1983, "Naive Knowledge and Science Learning", *Research in Science & Technological Education*, Vol. 1, No. 2, pp. 173-183.

Kozma, R. B., and J. Russell, 1997, "Multimedia and Understanding: Expert and Novice Responses to Different Representations of Chemical Phenomena", *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 34, No. 9, pp. 949-968.

Kozma, R. B., 2003, "Technology and Classroom Practices: An International Study", *Journal of Research on Technology in Education*, Vol. 36, No. 1, pp. 1-14.

Kühl, T., S. D. Navratil, and S. Münzer, 2018, "Animations and Static Pictures: The Influence of Prompting and Time of Testing", *Learning and Instruction*, Vol. 58, pp. 201-209.

Langitasari, I., E. Effendy, and F. Fajaroh, 2018, "Dynamic and Static Modeling Embedded in Inquiry Learning to Improve Students' Multiple Representation Ability", *Jurnal Penelitian dan Pembelajaran IPA*, Vol. 4, No. 1, pp. 1-13.

Lemke, J., 1998, "Multimedia Literacy Demands of the Scientific Curriculum", *Linguistics and Education*, Vol. 10, No. 3, pp. 247-271.

Levy, S. T., and U. Wilensky, 2009, "Students' Learning with the Connected Chemistry (CC1) Curriculum: Navigating the Complexities of the Particulate World", *Journal of Science Education and Technology*, Vol. 18, No. 3, pp. 243-254.

Levy, S. T., and U. Wilensky, 2009, "Crossing Levels and Representations: The Connected Chemistry (CC1) Curriculum", *Journal of Science Education and Technology*, Vol. 18, No. 3, pp. 224-242.

Lewalter, D., 2003, "Cognitive Strategies for Learning from Static and Dynamic Visuals", *Learning and Instruction*, Vol. 13, No. 2, pp. 177-189.

Liang, J. C., C. C. Chou, and M. H. Chiu, 2011, "Student Test Performances on Behavior of Gas Particles and Mismatch of Teacher Predictions", *Chemistry Education Research and Practice*, Vol. 12, No. 2, pp. 238-250.

Limón, M., 2001, "On the Cognitive Conflict as an Instructional Strategy for Conceptual Change: A Critical Appraisal", *Learning and Instruction*, Vol. 11, No. 4-5, pp. 357-380.

Lin, L., and R. K. Atkinson, 2011, "Using Animations and Visual Cueing to Support Learning of Scientific Concepts and Processes", *Computers & Education*, Vol. 56, No. 3, pp. 650-658.

Lin, H. S., H. J. Cheng, and F. Lawrenz, 2000, "The Assessment of Students' and Teachers' Understanding of Gas Laws", *Journal of Chemical Education*, Vol. 77, No. 2, p. 235.

Llewellyn, D., 2012, *Teaching High School Science Through Inquiry and Argumentation*, Second Edition, Corwin Press, Thousand Oaks, CA.

Lou, A. J., and S. M. Jaeggi, 2020, "Reducing the Prior-Knowledge Achievement Gap by Using Technology-Assisted Guided Learning in an Undergraduate Chemistry Course", *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 57, No. 3, pp. 368-392.

Lowe, R. K., 2003, "Animation and Learning: Selective Processing of Information in Dynamic Graphs", *Learning and Instruction*, Vol. 13, No. 2, pp. 157-176.

Lowe, R. K., and W. Schnotz, 2014, "Animation Principles in Multimedia Learning", in *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*, 2nd ed., pp. 513-546.

Madden, S. P., L. L. Jones, and J. Rahm, 2011, "The Role of Multiple Representations in the Understanding of Ideal Gas Problems", *Chemistry Education Research and Practice*, Vol. 12, No. 3, pp. 283-293.

Mayer, R. E., and R. Moreno, 2003, "Nine Ways to Reduce Cognitive Load in Multimedia Learning", *Educational Psychologist*, Vol. 38, No. 1, pp. 43-52.

Mayer, R. E., M. Hegarty, S. Mayer, and J. Campbell, 2005, "When Static Media Promote Active Learning: Annotated Illustrations Versus Narrated Animations in Multimedia Instruction", *Journal of Experimental Psychology: Applied*, Vol. 11, No. 4, p. 256.

Mayer, K., 2011, "Addressing Students' Misconceptions About Gases, Mass, and Composition", *Journal of Chemical Education*, Vol. 88, No. 1, pp. 111-115.

Mayring, P., 2014, *Qualitative Content Analysis Theoretical Foundation, Basic Procedures and Software Solution*, Primary Publication, Klagenfurt.

McElhaney, K. W., H. Y. Chang, J. L. Chiu, and M. C. Linn, 2015, "Evidence for Effective Uses of Dynamic Visualizations in Science Curriculum Materials", *Studies in Science Education*, Vol. 51, No. 1, pp. 49-85.

Milenković, D., M. Segedinac, T. Hrin, and S. Cvjetićanin, 2014, "Cognitive Load at Different Levels of Chemistry Representations", *Hrvatski časopis za odgoj I obrazovanje*, Vol. 16, No. 3, pp. 699-722.

Ministry of National Education, 2013a, *Grade 3 to 8 science course curriculum*, Ankara.

Ministry of National Education, 2013b, *Grade 9 to 12 chemistry course curriculum,* Ankara.

Ministry of National Education, 2018, *Grade 9 to 12 chemistry course curriculum,* Ankara.

Nahum, T. L., R. Mamlok-Naaman, A. Hofstein, and J. Krajcik, 2007, "Developing a New Teaching Approach for the Chemical Bonding Concept Aligned with Current Scientific and Pedagogical Knowledge", *Science Education*, Vol. 91, No. 4, pp. 579-603.

Niaz, M., 2000, "The Oil Drop Experiment: A Rational Reconstruction of the Millikan Ehrenhaft Controversy and Its Implications for Chemistry Textbooks", *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 37, No. 5, pp. 480-508.

Niaz, M., 2000, "A Rational Reconstruction of the Kinetic Molecular Theory of Gases Based on History and Philosophy of Science and Its Implications for Chemistry Textbooks", *Instructional Science*, Vol. 28, No. 1, pp. 23-50.

Osborne, R. J., and M. C. Wittrock, 1983, "Learning Science: A Generative Process", *Science Education*, Vol. 67, No. 4, pp. 489-508.

Osborne, R., and M. Wittrock, 1985, "The Generative Learning Model and Its Implications for Science Education", *Studies in Science Education*, Vol. 12, pp. 59-87.

Ozdem-Yilmaz, Y., and K. Bilican, 2025, *Discovery Learning—Jerome Bruner*, in *Science Education in Theory and Practice*, Springer Texts in Education, Springer, Cham, pp. 173-187.

Paas, F., A. Renkl, and J. Sweller, 2003, "Cognitive Load Theory and Instructional Design: Recent Developments", *Educational Psychologist*, Vol. 38, No. 1, pp. 1-4.

Pabuçcu, A., and S. Erduran, 2016, "Investigating Students' Engagement in Epistemic and Narrative Practices of Chemistry in the Context of a Story on Gas Behavior", *Chemistry Education Research and Practice*, Vol. 17, No. 3, pp. 523-531.

Palincsar, A. S., 1998, "Social Constructivist Perspectives on Teaching and Learning", *Annual Review of Psychology*, Vol. 49, No. 1, pp. 345-375.

Patton, M. Q., 2014, *Qualitative Research & Evaluation Methods: Integrating Theory and Practice*, Sage Publications, Thousand Oaks, CA.

Permatasari, M. B., S. Rahayu, and I. W. Dasna, 2022, "Chemistry Learning Using Multiple Representations: A Systematic Literature Review", *Journal of Science Learning*, Vol. 5, No. 2, pp. 334-341.

Ploetzner, R., S. Berney, and M. Bétrancourt, 2020, "A Review of Learning Demands in Instructional Animations: The Educational Effectiveness of Animations Unfolds if the Features of Change Need to Be Learned", *Journal of Computer Assisted Learning*, Vol. 36, No. 6, pp. 838-860.

Posner, M. I., 1982, "Cumulative Development of Attentional Theory", *American Psychologist*, Vol. 37, No. 2, p. 168.

Posner, G. J., K. A. Strike, P. W. Hewson, and W. A. Gertzog, 1982, "Accommodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change", *Science Education*, Vol. 66, No. 2, pp. 211-227.

Prayitno, B., B. Sugiharto, and E. Titikusumawati, 2022, "Effectiveness of Collaborative Constructivist Strategies to Minimize Gaps in Students' Understanding of Biological Concepts", *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, Vol. 17, No. 11, pp. 114-127.

Rebetez, C., M. Bétrancourt, M. Sangin, and P. Dillenbourg, 2010, "Learning from Animation Enabled by Collaboration", *Instructional Science*, Vol. 38, pp. 471-485.

Ryoo, K., and M. C. Linn, 2014, "Designing Guidance for Interpreting Dynamic Visualizations: Generating Versus Reading Explanations", *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 51, No. 2, pp. 147-174.

Sanger, M. J., and A. J. Phelps, 2007, "What Are Students Thinking When They Pick Their Answer? A Content Analysis of Students' Explanations of Gas Properties", *Journal of Chemical Education*, Vol. 84, No. 5, p. 870-874.

Schnotz, W., and R. K. Lowe, 2008, "A Unified View of Learning from Animated and Static Graphics", in *Learning with Animation: Research Implications for Design*, Vol. 1, pp. 304-356.

Schwarz, C. V., C. Passmore, and B. J. Reiser, 2017, *Moving Beyond "Knowing About" Science to Making Sense of the World*, in *Helping Students Make Sense of the World Using Next Generation Science and Engineering Practices*, NSTA Press, Arlington, Virginia, pp. 3-21.

Scott, P., H. M. Asoko, and R. Driver, 1991, "Teaching for Conceptual Change: A Review of Strategies", in *Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies*, edited by R. Duit, F. Goldberg, and H. Niedderer, Kiel, Germany, pp. 71-78.

Seery, M. K., and R. Donnelly, 2012, "The Implementation of Pre-Lecture Resources to Reduce In-Class Cognitive Load: A Case Study for Higher Education Chemistry", *British Journal of Educational Technology*, Vol. 43, No. 4, pp. 667-677.

Seufert, T., and R. Brünken, 2006, "Cognitive Load and the Format of Instructional Aids for Coherence Formation", *Applied Cognitive Psychology: The Official Journal of the Society for Applied Research in Memory and Cognition*, Vol. 20, No. 3, pp. 321-331.

Shultz, G. V., and A. R. Gere, 2015, "Writing-to-Learn the Nature of Science in the Context of the Lewis Dot Structure Model", *Journal of Chemical Education*, Vol. 92, No. 8, pp. 1325-1329.

Sim, J. H., and E. G. S. Daniel, 2014, "Representational Competence in Chemistry: A Comparison Between Students with Different Levels of Understanding of Basic

Chemical Concepts and Chemical Representations", *Cogent Education*, Vol. 1, No. 1, pp. 197-215.

Sitalakshmi, A. R., and B. Baveja, 2015, "Use of multiple representations to promote students' understanding of phase changes", *Proceedings of epiSTEME-6: International Conference to Review Research in Science, Technology and Mathematics Education*, edited by Sanjay Chandrasekharan, Sahana Murthy, Gargi Banerjee, and Adithi Muralidhar, Mumbai, pp. 134-141.

Sjøberg, S., 2010, "Constructivism and Learning", *International Encyclopedia of Education*, Vol. 5, pp. 485-490.

Smith III, J. P., A. A. Disessa, and J. Roschelle, 1994, "Misconceptions Reconceived: A Constructivist Analysis of Knowledge in Transition", *The Journal of the Learning Sciences*, Vol. 3, No. 2, pp. 115-163.

Staarman, J. K., K. Krol, and H. van der Meijden, 2005, "Peer Interaction in Three Collaborative Learning Environments", *Journal of Classroom Interaction*, Vol. 40, No. 1, pp. 29-39.

Stavy, R., 1988, "Children's Conception of Gas", *International Journal of Science Education*, Vol. 10, No. 5, pp. 553-560.

Stieff, M., 2011, "Improving Representational Competence Using Molecular Simulations Embedded in Inquiry Activities", *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 48, No. 10, pp. 1137-1158.

Stowe, R. L., and B. J. Esselman, 2022, "The Picture Is Not the Point: Toward Using Representations as Models for Making Sense of Phenomena", *Journal of Chemical Education*, Vol. 100, No. 1, pp. 15-21.

Sweller, J., 1988, "Cognitive Load During Problem Solving: Effects on Learning", *Cognitive Science*, Vol. 12, No. 2, pp. 257-285.

Sweller, J., 2010, “Element Interactivity and Intrinsic, Extraneous, and Germane Cognitive Load”, *Educational Psychology Review*, Vol. 22, pp. 123-138.

Sweller, J., P. L. Ayres, S. Kalyuga, and P. A. Chandler, 2003, “The Expertise Reversal Effect”, *Educational Psychologist*, Vol. 38, No. 1, pp. 23-31.

Taber, K. S., 2001, “Building the Structural Concepts of Chemistry: Some Considerations from Educational Research”, *Chemistry Education Research and Practice*, Vol. 2, No. 2, pp. 123-158.

Taber, K. S., 2017, *The Nature of Student Conceptions in Science*, in *Science Education: An International Course Companion*, Sense Publishers, Rotterdam, pp. 119-131.

Talanquer, V., 2011, “Macro, Submicro, and Symbolic: The Many Faces of the Chemistry ‘Triplet’”, *International Journal of Science Education*, Vol. 33, No. 2, pp. 179-195.

Taşlıdere, E., 2013, “Effect of Conceptual Change Oriented Instruction on Students’ Conceptual Understanding and Decreasing Their Misconceptions in DC Electric Circuits”, *Creative Education*, Vol. 4, No. 4, pp. 273-282.

Tejada, J., and D. Serra, 2018, “The Effects of Static and Dynamic Visual Representations as Aids for Primary School Children in Tasks of Auditory Discrimination of Sound Patterns: An Intervention-Based Study”, *International Journal of Emerging*, Vol. 13, No. 2, pp. 60-71.

Treagust, D. F., 2008, *The Role of Multiple Representations in Learning Science: Enhancing Students’ Conceptual Understanding and Motivation*, in *Science Education at the Nexus of Theory and Practice*, Brill, Leiden, pp. 7-23.

Treagust, D. F., 2018, “The Importance of Multiple Representations for Teaching and Learning Science”, in *Education Research Highlights in Mathematics, Science and Technology*, Vol. 13, No. 2, pp. 215-222.

Tullis, J. G., and R. L. Goldstone, 2020, "Why Does Peer Instruction Benefit Student Learning?", *Cognitive Research: Principles and Implications*, Vol. 5, pp. 1-12.

Tversky, B., J. B. Morrison, and M. Betrancourt, 2002, "Animation: Can It Facilitate?", *International Journal of Human-Computer Studies*, Vol. 57, No. 4, pp. 247-262.

Tversky, B., J. Heiser, R. Mackenzie, S. Lozano, and J. Morrison, 2008, *Enriching Animations*, in *Learning with Animation: Research Implications for Design*, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 263-285.

Üce, M., and İ. Ceyhan, 2019, "Misconception in Chemistry Education and Practices to Eliminate Them: Literature Analysis", *Journal of Education and Training Studies*, Vol. 7, No. 3, pp. 202-208.

Vosniadou, S., 1994, "Capturing and Modeling the Process of Conceptual Change", *Learning and Instruction*, Vol. 4, No. 1, pp. 45-69.

Vosniadou, S., C. Ioannides, A. Dimitrakopoulou, and E. Papademetriou, 2001, "Designing Learning Environments to Promote Conceptual Change in Science", *Learning and Instruction*, Vol. 11, No. 4-5, pp. 381-419.

Vygotsky, L. S., 1978, *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes*, Vol. 86, Harvard University Press, Cambridge, MA.

West, L. H., and A. L. Pines, 1985, *Cognitive Structure and Conceptual Change*, Academic Press, Orlando.

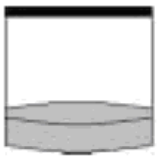
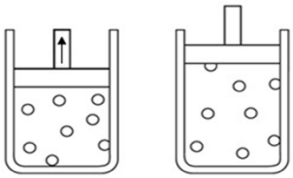
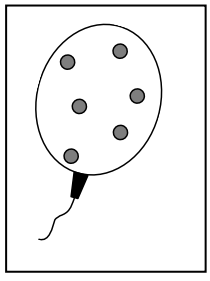
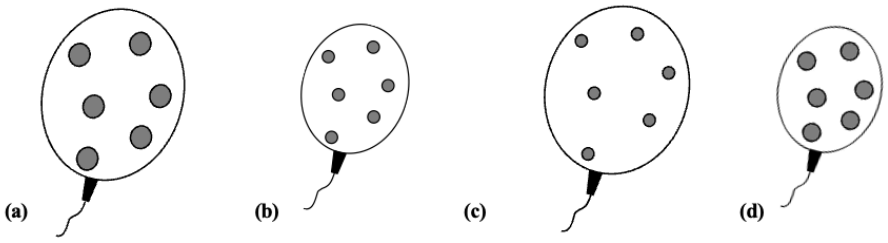
Yalçınkaya, E., 2010, *Effect of Case Based Learning on 10th Grade Students' Understanding of Gas Concepts, Their Attitude and Motivation*, Ph.D. Thesis, Middle East Technical University.

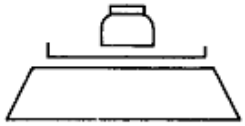
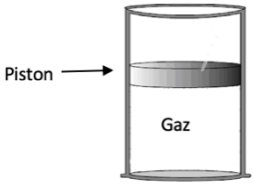
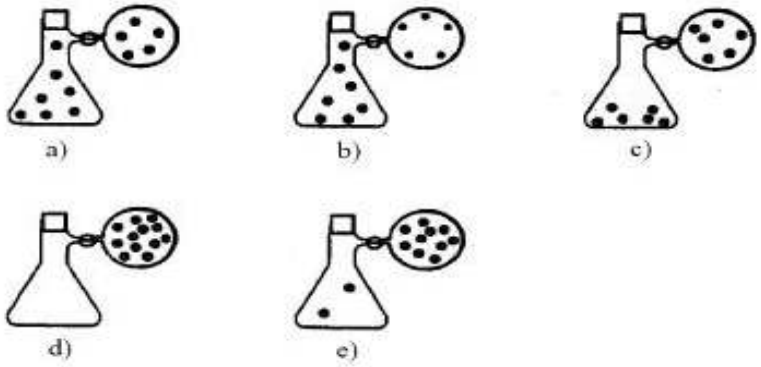
Yavuz, S., and G. Çelik, 2013, "Sınıf Öğretmenliği Öğrencilerinin Gazlar Konusundaki Kavram Yanılgılarına Tahmin Et-Gözle-Açıkla Tekniğinin Etkisi", *Karaelmas Eğitim Bilimleri Dergisi*, Vol. 1, No. 1, pp. 1-20.

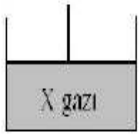
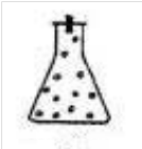
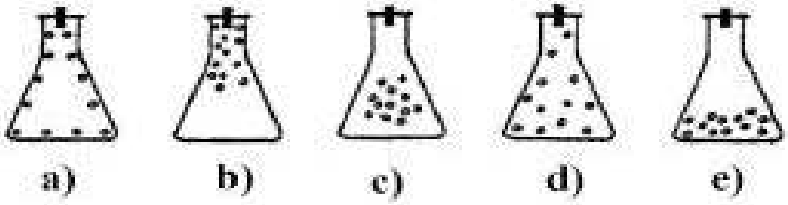
Yeh, T. K., K. Y. Tseng, C. W. Cho, J. P. Barufaldi, M. S. Lin, and C. Y. Chang, 2012, "Exploring the Impact of Prior Knowledge and Appropriate Feedback on Students' Perceived Cognitive Load and Learning Outcomes: Animation-Based Earthquakes Instruction", *International Journal of Science Education*, Vol. 34, No. 10, pp. 1555-1570.

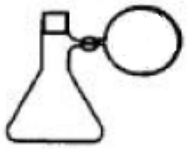
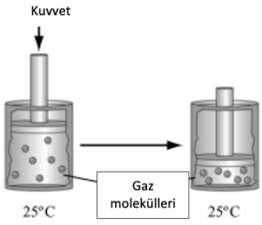
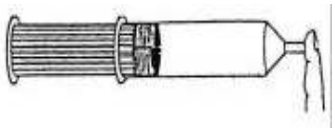
Yilmaz, K., 2011, "The Cognitive Perspective on Learning: Its Theoretical Underpinnings and Implications for Classroom Practices", *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas*, Vol. 84, No. 5, pp. 204-212.

APPENDIX A: TWO-TIER GASES CONCEPT TEST

Resource	**Question**
(Geban, 2012).	Buket, yandaki şekilde gösterildiği gibi bir kaba bir miktar su koyuyor ve kabın ağzını sıkıca kapattıktan sonra tartıyor. Daha sonra bu kaptaki suyun hepsini kabın ağzı sıkıca kapalı iken buharlaştırıp bir tartım daha yapıyor. Buket, tartım sonuçları ile ilgili aşağıdakilerden hangisine ulaşmıştır?  **(a)** Su buharlaştırıldığında ağırlığı olmaz. **(b)** Her iki tartımda ölçülen ağırlık birbirine eşittir. **(c)** Su buharlaştırıldıktan sonra ölçülen ağırlık daha az olur. *Bu cevabı vermemin nedeni: .....*
(Chao, et al., 2016).	 **(2)** Yukarıdaki şekilde, silindir içerisinde bir miktar gaz gösterilmektedir. Eğer sıcaklık sabit tutularak, hacmi arttırmak için piston yukarı doğru çekilirse, ... **(a)** Basınç artar çünkü gaz moleküllerinin ortalama kinetik enerjisi artar. **(b)** Basınç artar çünkü gaz molekülleri genişler. **(c)** Basınç azalır çünkü gaz molekülleri küçülür. **(d)** Basınç azalır çünkü birim zamanda birim yüzeye çarpan molekül sayısı azalır. **(e)** Basınç azalır çünkü gaz moleküllerinin ortalama kinetik enerjisi azalır. *Bu cevabı vermemin nedeni: .....*
(Geban, 2012).	Yandaki şekil, 15 °C'da elastik bir balona doldurulmuş helyum gazını tanecik seviyesinde göstermektedir. Şayet bu balon aynı basınçta ve sıcaklığı 30 °C olan bir ortama taşınırsa, aşağıda verilen seçeneklerden hangisindeki gibi gözlemlenir?  (Not**:** *Balonun gerilme kuvveti ihmal edilmiştir.*)  **(a)** **(b)** **(c)** **(d)** *Bu cevabı vermemin nedeni: .....*

(Levy & Wilensky, 2009)	Hiçbir sızdırma olmamasına ya da içine hava pompalanmamasına rağmen bisiklet tekerleklerindeki basıncın yıl içerisinde değiştiği gözlenmektedir. Bu durum hava sıcaklığının tekerlek içerisindeki gazın sıcaklığını ve basıncını değiştirmesinden kaynaklanmaktadır. Bisiklet tekerleğindeki basınç yaz mevsiminden kış mevsimine geçerken nasıl bir değişim gösterir? (Not: Bisiklet tekerleklerinin genleşmesi ihmal edilmektedir.) **(a)** Basınç azalır. **(b)** Basınç aynı kalır. **(c)** Basınç artar. *Bu cevabı vermemin nedeni: .....*
(Kirbulut, 2012)	Yandaki şekilde gösterildiği gibi Aylin içinde soğuk hava bulunan ağzı kapalı bir kavanozu tartıyor. Daha sonra aynı kavanoz güneşin altında uzun süre bekletiyor ve tekrar tartıyor. Aylin kavanozun, içinde hava olmadığı durumdaki ağırlığını da biliyor ve bu ağırlığı, içinde hava olan tartım sonuçlarından çıkarıyor. Aylin'in ulaştığı soğuk ve sıcak havanın tartım sonuçları ile ilgili ne söylenebilir?  **(a)** Her iki tartım da aynı olup sıfıra eşittir. **(b)** Her iki tartım da aynı olup sıfırdan büyük bir değere eşittir. **(c)** Soğuk hava sıcak havadan daha ağırdır. **(d)** Sıcak hava soğuk havadan daha ağırdır. *Bu cevabı vermemin nedeni: .....*
(Kirbulut, 2012)	Şekildeki kap, normal koşullarda (0 °C ve 1 atm) bir miktar gazla doludur. Bu gaz ısıtıldığında hareketli piston nasıl hareket eder? Not: *Açık hava basıncı her iki durumda da 1 atm'dir. Hareketli piston sürtünmesizdir.*)  **(a)** Aşağıya doğru hareket eder. **(b)** Hareket etmez. **(c)** Yukarıya doğru hareket eder. *Bu cevabı vermemin nedeni: .....*
(Cetin, 2009)	Hava ile dolu bir kaba şekilde gösterildiği gibi bir balon bağlanmaktadır. Daha sonra aradaki musluk açılarak kap ısıtılmakta ve balon şişmektedir. Balon şiştikten sonra kaptaki ve balondaki hava taneciklerinin dağılımını en iyi gösteren şekil hangisidir?  *Bu cevabı vermemin nedeni: .....*

(Levy & Wilensky, 2009)	Bir doğal gaz tüpünün basıncı 16 ºC'de 500 kPa'dır. Tüp hacminin sıcaklıkla değişmediği varsayılırsa, sıcaklık 46 °C yükseltildiğinde aşağıdakilerden hangisi gerçekleşir? **(a)** Basınç değişimi gözlenmez. **(b)** Basınç 500 kPa'dan fazla olur. **(c)** Basınç 500 kPa'dan az olur. *Bu cevabı vermemin nedeni: .....*
(Cetin, 2009)	Hava ile dolu bir şırınganın ucu şekilde gösterildiği gibi sıkıca kapatılmakta ve şırınganın pistonu havayı sıkıştıracak şekilde itilmektedir. Bu sıkıştırma sonucunda havayı oluşturan moleküllere ne olur? **(a)** Moleküllerin hepsi şırınganın ucuna toplanır. **(b)** Moleküller birbirine yapışırlar. **(c)** Moleküller küçülürler. **(d)** Sıkıştırılan moleküllerin hareketi durur. **(e)** Moleküller arasındaki mesafe azalır. *Bu cevabı vermemin nedeni: .....*
(Cetin, 2009) Modified	Eğer piston aşağıya doğru itilirse X gazı ile ilgili aşağıda verilen ifadelerden hangisi doğrudur?  **(a)** Birim zamanda birim yüzeye çarpan molekül sayısı artar. **(b)** Sıcaklığı artar. **(c)** Moleküllerin büyüklüğü azalır. **(d)** Moleküllerin ortalama kinetik enerjisi artar. **(e)** Basıncı değişmez. *Bu cevabı vermemin nedeni: .....*
(Cetin, 2009)	Yandaki şekil, 25 °C'de hava taneciklerinin kap içindeki dağılımını göstermektedir. Kabın sıcaklığı 5 °C'ye düşürülürse gaz taneciklerinin kap içindeki dağılımını en iyi gösteren şekil hangisi olmalıdır?   *Bu cevabı vermemin nedeni: .....*

(Geban, 2012).	Yandaki şekilde, 40 °C'de ağzı kapalı, içi hava ile dolu bir kap ve ona bağlı elastik bir balondan oluşan düzenek gösterilmektedir. Eğer düzeneğin sıcaklığı 10 °C'ye düşürülürse balonun hacmine ne olacağını düşünüyorsunuz?  (Not: Açık hava basıncı her iki sıcaklıkta da 1 atm'dir.) **(a)** Azalır. **(b)** Değişmez. **(c)** Artar. *Bu cevabı vermemin nedeni: .....*
(Chao, et al., 2016).	Aşağıdaki şekil, kapalı bir kaptaki gazın hareketli piston aracılığıyla kuvvet uygulanmadan önceki ve sonraki halini göstermektedir. Kaptaki sıcaklık kuvvet uygulandıktan sonra da aynıdır.  Pistona uygulanan kuvvet gaz moleküllerinin sıkıştırılması ve gaz basıncının artmasıyla sonuçlanmaktadır. Aşağıdaki ifadelerden hangisi sıkıştırılma sonrası gaz moleküllerin davranışındaki değişimi en iyi şekilde açıklar? (a) Gaz moleküllerinin ortalama kinetik enerjisi artar. (b) Gaz moleküllerinin ortalama kinetik enerjisi azalır. (c) Gaz moleküllerinin kabın duvarlarına çarpma sıklığı artar. (d) Gaz moleküllerinin kabın duvarlarına çarpma hızları artar. Bu cevabı vermemin nedeni: .....
(Cetin et al., 2009)	Bir öğrenci şekilde gösterilen şırıngadan 3 adet kullanarak bir deney yapmaktadır. Öğrenci, bir şırıngayı katı (ince kum), diğerini sıvı (su) ve bir diğerini gaz (hava) ile dolduruyor. Her bir şırınganın ağzını kapatarak sıkıştırmaya çalışıyor. Gözlemlenebilir tek değişimin hava ile dolu şırıngada olduğunu fark eden öğrenci, bu durumu aşağıdaki ifadelerden hangisi ile açıklayabilir?  **(a)** Havayı tanecikleri basınç dolayısıyla küçülür. **(b)** Havayı tanecikleri arasındaki uzun mesafeler boştur. **(c)** Havayı tanecikleri basınçtan dolayı hareket edemezler. **(d)** Havayı taneciklerinin enerjisi basınçtan dolayı azalır. *Bu cevabı vermemin nedeni: .....*

APPENDIX B: RUBRIC FOR THE TGCT

Question 1 – Total 2 points

	Option B selected: The measured weight is equal in both cases.
	The amount of matter does not change. Therefore, the measurements are the same.

Question 2 – Total 3 points

	Option D selected: Pressure decreases because the number of molecules hitting a unit surface per unit time decreases.
	Since temperature does not change, kinetic energy remains the same.
	As volume increases, the number of particles hitting a unit area per unit time decreases, so **pressure decreases**.

Question 3 – Total 4 points

	Option C selected
	With an increase in temperature, the kinetic energy of particles increases.
	As kinetic energy increases, the number of collisions per unit surface per unit time (pressure) increases.
	With the increase in internal pressure, the balloon inflates (until internal and external pressures equalize).

Question 4 – Total 3 points

	Option A selected: Pressure decreases.
	As temperature decreases, the kinetic energy of particles decreases.
	With lower kinetic energy, particles collide less frequently with unit surfaces, resulting in **decreased pressure**.

Question 5 – Total 2 points

	Option B selected: Both measurements are equal and greater than zero.
	Since the amount of matter does not change, the measurements are equal and above zero.

Question 6 – Total 4 points

	Option C selected: Moves upward
	As temperature increases, the kinetic energy of particles increases.
	As kinetic energy increases, the number of collisions per unit area per unit time increases (pressure increases).
	As internal pressure increases, the piston moves upward (until internal and external pressures equalize), causing the **volume to expand**.

Question 7 – Total 3 points

	Option A selected:
	Gas particles are distributed homogeneously.
	As temperature increases, the kinetic energy/speed of particles increases.

Question 8 – Total 3 points

	Option B selected: Pressure becomes greater than 500 kPa.
	As temperature increases, the kinetic energy of particles increases.
	Particles with higher kinetic energy collide more frequently with the container walls, increasing **pressure**.

Question 9 – Total 2 points

	Option E selected: The distance between molecules decreases.
	There are empty spaces between gas particles.

Question 10 – Total 3 points

	Option A selected: The number of molecules hitting a unit surface per unit time increases.
	Since temperature does not change, kinetic energy remains constant.
	As volume decreases, gas particles collide more frequently, so **the number of molecules hitting a unit area per unit time**, i.e., **pressure**, increases.

Question 11 – Total 3 points

	Option D selected
	Gas particles are distributed homogeneously.
	With a decrease in temperature, the kinetic energy/speed of particles decreases.

Question 12 – Total 4 points

	Option A selected: Decreases.
	As temperature decreases, the kinetic energy/speed of particles decreases.
	The number of collisions per unit surface per unit time (pressure) decreases.
	As pressure decreases, a difference arises between internal and external pressures. The volume of the balloon decreases until internal and external pressures equalize.

Question 13 – Total 3 points

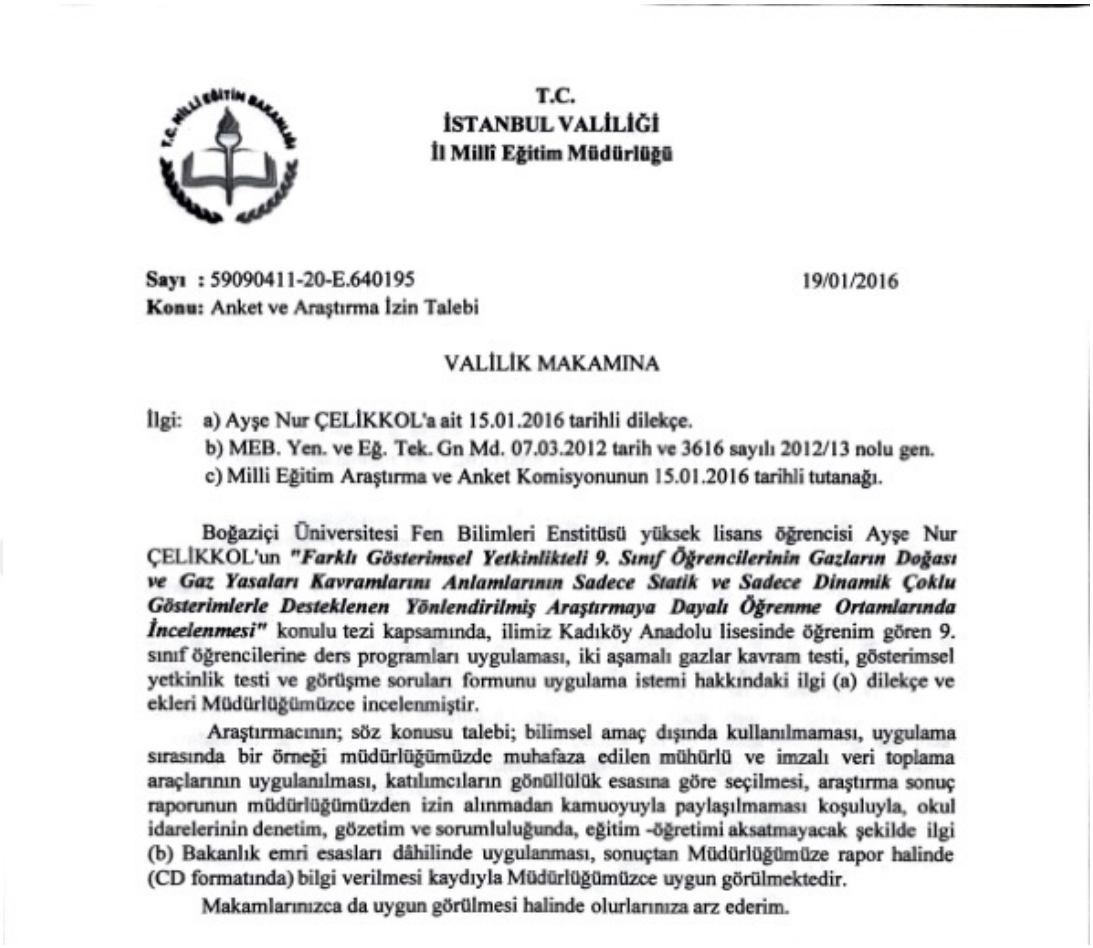
	Option C selected: The frequency of collisions of gas molecules with the container walls increases.
	As volume is reduced, gas molecules collide more frequently with the container surface, **increasing pressure**.
	Since temperature does not change, kinetic energy remains constant.

Question 14 – Total 1 point

	Option B selected: The long distances between air particles are empty spaces.

APPENDIX C: PERMISSION LETTERS

In this section, the permission letter received from Istanbul Provincial Directorate of National Education was presented.



T.C.
İSTANBUL VALİLİĞİ
İl Millî Eğitim Müdürlüğü

Sayı : 59090411-20-E.640195 19/01/2016
Konu: Anket ve Araştırma İzin Talebi

VALİLİK MAKAMINA

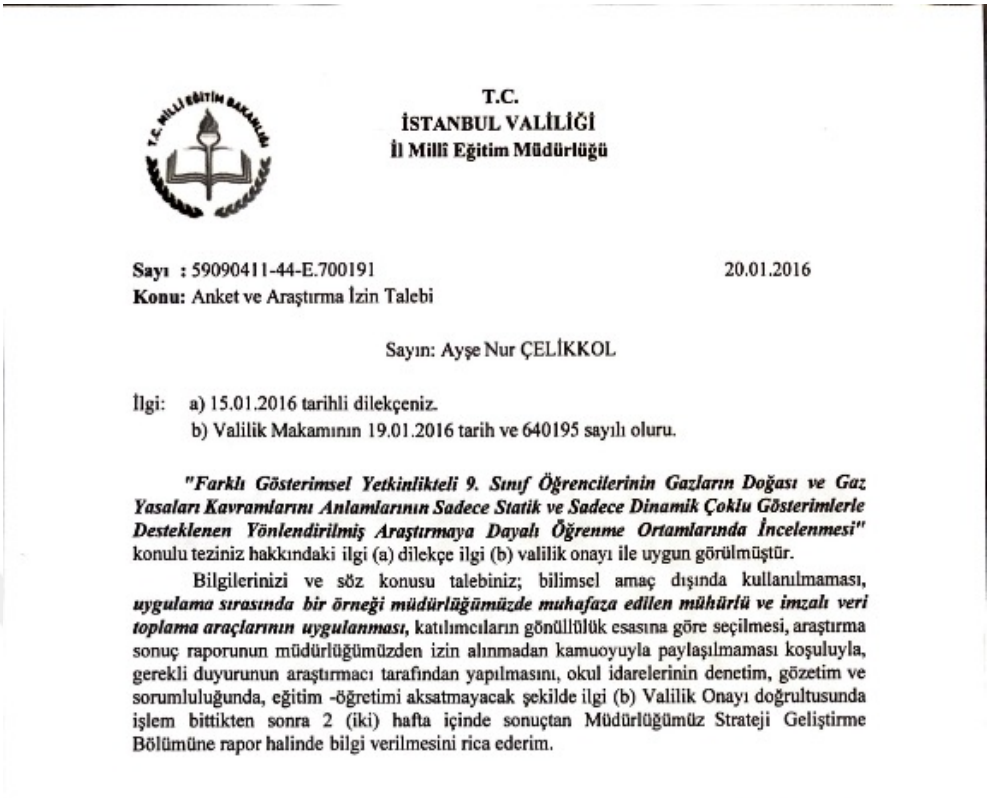
İlgi: a) Ayşe Nur ÇELİKKOL'a ait 15.01.2016 tarihli dilekçe.
b) MEB. Yen. ve Eğ. Tek. Gn Md. 07.03.2012 tarih ve 3616 sayılı 2012/13 nolu gen.
c) Milli Eğitim Araştırma ve Anket Komisyonunun 15.01.2016 tarihli tutanağı.

Boğaziçi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü yüksek lisans öğrencisi Ayşe Nur ÇELİKKOL'un ***"Farklı Gösterimsel Yetkinlikteli 9. Sınıf Öğrencilerinin Gazların Doğası ve Gaz Yasaları Kavramlarını Anlamlarının Sadece Statik ve Sadece Dinamik Çoklu Gösterimlerle Desteklenen Yönlendirilmiş Araştırmaya Dayalı Öğrenme Ortamlarında İncelenmesi"*** konulu tezi kapsamında, ilimiz Kadıköy Anadolu lisesinde öğrenim gören 9. sınıf öğrencilerine ders programları uygulaması, iki aşamalı gazlar kavram testi, gösterimsel yetkinlik testi ve görüşme soruları formunu uygulama istemi hakkındaki ilgi (a) dilekçe ve ekleri Müdürlüğümüzce incelenmiştir.

Araştırmacının; söz konusu talebi; bilimsel amaç dışında kullanılmaması, uygulama sırasında bir örneği müdürlüğümüzde muhafaza edilen mühürlü ve imzalı veri toplama araçlarının uygulanılması, katılımcıların gönüllülük esasına göre seçilmesi, araştırma sonuç raporunun müdürlüğümüzden izin alınmadan kamuoyuyla paylaşılmaması koşuluyla, okul idarelerinin denetim, gözetim ve sorumluluğunda, eğitim -öğretimi aksatmayacak şekilde ilgi (b) Bakanlık emri esasları dâhilinde uygulanması, sonuçtan Müdürlüğümüze rapor halinde (CD formatında) bilgi verilmesi kaydıyla Müdürlüğümüzce uygun görülmektedir.

Makamlarınızca da uygun görülmesi halinde olurlarınıza arz ederim.

Figure C.1. Permission letter received from Istanbul Provincial Directorate of National Education.



T.C.
İSTANBUL VALİLİĞİ
İl Millî Eğitim Müdürlüğü

Sayı : 59090411-44-E.700191 20.01.2016
Konu: Anket ve Araştırma İzin Talebi

Sayın: Ayşe Nur ÇELİKKOL

İlgi: a) 15.01.2016 tarihli dilekçeniz.
b) Valilik Makamının 19.01.2016 tarih ve 640195 sayılı oluru.

"Farklı Gösterimsel Yetkinlikteli 9. Sınıf Öğrencilerinin Gazların Doğası ve Gaz Yasaları Kavramlarını Anlamlarının Sadece Statik ve Sadece Dinamik Çoklu Gösterimlerle Desteklenen Yönlendirilmiş Araştırmaya Dayalı Öğrenme Ortamlarında İncelenmesi" konulu teziniz hakkındaki ilgi (a) dilekçe ilgi (b) valilik onayı ile uygun görülmüştür.

Bilgilerinizi ve söz konusu talebiniz; bilimsel amaç dışında kullanılmaması, ***uygulama sırasında bir örneği müdürlüğümüzde muhafaza edilen mühürlü ve imzalı veri toplama araçlarının uygulanması,*** katılımcıların gönüllülük esasına göre seçilmesi, araştırma sonuç raporunun müdürlüğümüzden izin alınmadan kamuoyuyla paylaşılmaması koşuluyla, gerekli duyurunun araştırmacı tarafından yapılmasını, okul idarelerinin denetim, gözetim ve sorumluluğunda, eğitim -öğretimi aksatmayacak şekilde ilgi (b) Valilik Onayı doğrultusunda işlem bittikten sonra 2 (iki) hafta içinde sonuçtan Müdürlüğümüz Strateji Geliştirme Bölümüne rapor halinde bilgi verilmesini rica ederim.

Figure C.1. Permission letter received from Istanbul Provincial Directorate of National Education (cont.).

APPENDIX D: LESSON PLANS AND ACTIVITY SHEETS

DERS PLANI 1-Statik ve Dinamik Çoklu Gösterim Grupları

Genel Bilgiler	**Sınıf:** 9. sınıf **Konu:** Gazların genel özellikleri **Ders süresi:** 40 dakika
Kazanımlar	Öğrenciler gazların kütlesi olduğunu açıklar. Öğrenciler Alka-Seltzer tablet ile suyun reaksiyonu sonucu gaz açığa çıkacağını ifade eder. Öğrenciler tartım sonuçlarının eşitliğini gazların kütlesinin olması ve kimyasal tepkime sonunda kütlenin korunması yasası ile ilişkilendirir. Öğrenciler deney sonuçlarına dayanarak gazların özelliklerine ilişkin çıkarımda bulunurlar.
Materyaller	Erlen, Alka-Seltzer tablet, Dereceli silindir, Elektronik tartı, Tıpa, Su
Ders planı	**Giriş:** Öğrencilere bir anti-asit olan Alka-Seltzer tablet hakkında bilgi verilerek, mide rahatsızlıklarında, midenin asitliğini azaltmak için kullanıldığı belirtilir ve öğrencilere yapılacak etkinlikte bu tableti kullanacakları ifade edilerek etkinlik kâğıtları dağıtılır. **Ders Akışı:** Öğretmen bir erlen içine 100 mL su dolduracaklarını ve su dolu erlen, çeyrek Alka-Seltzer tablet ve tıpadan oluşan düzeneğin kütlesini bir elektronik tartı aracılığıyla ölçeceklerini açıklar. Daha sonra ise erleni tartının üzerinden alıp masaya koyacaklarını ve çeyrek Alka-Seltzer tableti erlenin içine atarak tıpayı mümkün olduğunca çabuk bir şekilde kapatıp birkaç dakika bekleyeceklerini belirtir. (Öğrencilere tıpanın kalın kısmının aşağıda olacak şekilde kapatılması gerektiği ve bekleme süresince tıpanın öğrencilerce çok bastırılmadan ancak herhangi bir sızıntıya da olasılık doğurmayacak şekilde tutulması gerektiği açıklanır. Tabletin tıpanın üzerine konularak ters çevrilmesi tıpanın kapanması esnasında hızlı davranmak açısından örnek olarak sunulabilir.) Öğrencilere Alka-Seltzer tabletin suya bırakılmasından birkaç dakika sonra yeniden bir kütle ölçümü yapacakları belirtilir. Öğrencilere öncelikle *tablet suya düşürüldüğünde ne gözlemlemeyi bekledikleri* sorulur ve cevaplarını bireysel olarak not almaları istenir. (Şayet öğrenciler kimyasal reaksiyon sonucu gaz çıkışı cevabını vermiyorlar ise öğrencilere bir açıklama yapılmaz ancak soru

Figure D.1. Lesson plan 1 and activity sheets.

	gözlem sonrasında yinelenebilir.) Öğrencilerin cevaplarını bireysel olarak not etmelerinin ardından küçük gruplar halinde tartışmaları istenir ve gruplara düşüncelerini tüm sınıfla paylaşmaları için ayrı ayrı söz verilir.) Grupların cevaplarını paylaşmalarının ardından öğretmen deneyde *yapılacak iki tartım arasında nasıl bir ilişki olacağını düşündüklerini* sorar. Öğrencilere bir değerden ziyade iki tartım sonucu arasında kıyaslama yapmalarının beklendiği ifade edilir. (Öğrencilerden tahminlerini önce bireysel olarak not etmeleri, daha sonra ise grup içi tartışma gerçekleştirmeleri istenmelidir.) Gruplara soruya ilişkin görüşlerini ve gerekçelendirmelerini paylaşmaları için söz hakkı verilmelidir; ancak paylaşımlar esnasında veya sonrasında, öğrencilere bireysel olarak verdikleri cevapları değiştirmemeleri gerektiği belirtilmelidir. Daha sonra ise gruplara deneyi gerçekleştirmeleri için 10 dakika süre verilir ve gözlemlerini not etmeleri belirtilir. Deneylerin tamamlanmasının ardından öğrencilere *tartım sonuçlarıyla ilgili yaptıkları kıyaslama tahminleri ile deney gözlemlerinin/sonuçlarının benzeştiği mi yoksa farklılaştığı mı* ve *bu duruma nasıl bir açıklama getirdikleri* sorulur. **Kapanış:** Tüm gruplara görüşlerini paylaşmaları için söz verilmesinin ardından öğrencilere son olarak, yaptıkları *deneye/gözleme dayanarak gazların özellikleriyle ilgili nasıl bir sonuca ulaşabilecekleri* sorusu yöneltilir. Bu noktada öğrencilerin, cevaplarını gözlemlerini de kullanarak açıklamaları beklenmektedir. (Öğrencilerden gelmesi beklenen "gazların kütlesi vardır." Cevabı üzerine '*kütle nedir?*' sorusu yöneltilmelidir.)
Ölçme ve Değerlendirme	Öğrencilerden dersin sonunda, yapılan etkinlikle ilgili bir günlük yazmaları istenir. Öğrencilerden günlüklerini yazarken etkinlikten önceki düşünceleriyle şimdiki düşünceleri arasında farklılık olup olmamasına ve görüşlerinin nasıl değiştiğine odaklanmaları istenir. Bu günlükler ise toplanarak ölçme/değerlendirme için kullanılır.

Figure D.1. Lesson plan 1 and activity sheets (cont.).

Rumuz: ..... Tarih: .....

Sınıf: .....

Gazların Genel Özellikleri

A. Bir erlen içerisine yaklaşık olarak 100 mL su dolduruluyor. Su dolu erlen, tıpa ve çeyrek Alka-Seltzer tablet elektronik tartının üzerine konularak düzeneğin toplam kütlesi ölçülüyor. Daha sonra erlen tartının üzerinden alınıyor ve bir masa üzerindeyken çeyrek Alka-Seltzer tablet suya bırakılıyor ve tıpa hızlı bir şekilde kapatılıyor. Birkaç dakika bekledikten sonra düzeneğin kütlesi bir kez daha ölçülüyor.

a) Tablet suya bırakıldığında ne olacağını düşünüyorsunuz? Lütfen düşüncelerinizi açıklayınız.

.....

.....

.....

b) Yapılan iki tartım sonucu arasında nasıl bir ilişki olacağını düşünüyorsunuz? Lütfen iki tartım sonucunu kıyaslayınız

.....

.....

.....

B. Lütfen aşağıda belirtildiği şekilde gerçekleştiriniz ve gözlemlerinizi not ediniz.

a) Yaklaşık olarak 100 mL suyu erlene doldurunuz.

b) Su ile doldurulmuş erlen, tıpa ve çeyrek Alka-Seltzer tabletten oluşan düzeneğin kütlesini elektronik tartı ile ölçünüz ve tartım sonucu not alınız.

c) Erleni tartının üzerinden alarak rahat çalışabileceğiniz bir zemine koyunuz. Çeyrek Alka-Seltzer tableti suyun içine bırakınız ve en hızlı biçimde, hiçbir sızdırma olmayacak şekilde tıpayı erlenin ağzına yerleştiriniz. (Tıpayı gözlem sonuna kadar elinizle bastırarak tutunuz.)

d) Birkaç dakika sonra erleni yeniden elektronik tartıya yerleştirerek kütlesini ölçünüz ve tartım sonucunu aşağıdaki tabloya not alınız.

e)

Önceki tartım sonucu	Sonraki tartım sonucu

Lütfen gözlemlerinizi not ediniz: .....

.....

Figure D.1. Lesson plan 1 and activity sheets (cont.).

C. Tartım sonuçlarının kıyaslanmasıyla ilgili tahminleriniz gözlemlerinizle örtüşüyor mu? Bu durumu nasıl açıklayabilirsiniz?

.....
.....
.....
.....
.....
.....

D. Gözlemlerinize dayanarak gazların özelliği ile ilgili nasıl bir sonuca ulaşabilirsiniz? Lütfen düşüncenizi açıklayınız.

.....
.....
.....
.....
.....
.....

Figure D.1. Lesson plan 1 and activity sheets (cont.).

Rumuz: ..... Tarih: .....

Sınıf: .....

Yansıtıcı Öğrenme Günlüğü 1

A. Gazların kütlesi ile ilgili gerçekleştirdiğiniz etkinlik öncesindeki düşünceleriniz ile şimdiki düşünceleriniz nasıl farklılaşıyor? Yeni öğrendiğiniz şeyler nelerdir? Ders esnasında aklınızı karıştıran durumlar oldu mu? Lütfen düşüncelerinizin yapılan etkinlik esnasında nasıl değiştiğini açıklayan bir günlük yazınız.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Figure D.1. Lesson plan 1 and activity sheets (cont.).

DERS PLANI 2-Statik ve Dinamik Çoklu Gösterim Grupları

Genel Bilgiler	**Sınıf:** 9. sınıf **Konu:** Gazların genel özellikleri **Ders süresi:** 40 dakika
Kazanımlar	Öğrenciler gazların hacmi olduğunu açıklar. Öğrenciler gözlemlerine dayanarak gazların özelliklerine ilişkin çıkarımda bulunurlar.
Materyaller	Kâğıt havlu, Derin kap, Cam bardak, Su
Ders planı	**Giriş:** Bir önceki derste yapılan etkinlik hatırlatılarak, gazların kütlesi olduğuna vurgu yapılır ve yeni etkinliğin gazların farklı bir özelliğine değinileceği belirtilerek etkinlik kâğıtları dağıtılır. **Ders Akışı:** Öğretmen yapılacak deneyi açıklar. Öğrencilere dibine sıkıca kâğıt havlu yerleştiriliş bir bardağı ters çevirerek derin bir suya tamamen batıracakları belirtilir. Öğrencilerden etkinlik sonrası *kâğıt havluya ne olacağıyla ilgili düşüncelerini* gerekçeleriyle birlikte bireysel olarak not etmeleri istenir. Daha sonra ise aynı soruyu küçük gruplar halinde tartışmaları istenir ve tüm gruplara cevaplarını paylaşmaları için söz verilir. (Not: Öğrenci cevaplarına herhangi bir yorum getirilmemesi gözlemleyecekleri duruma ilişkin ipuçları ya da açıklamaların yapılmaması gerekmektedir.) Ardından öğretmen bir miktar kâğıt havluyu buruşturarak sıkıca bardağın tabanına yerleştirir ve bardağı ters çevirerek derin bir suyun içerisine tamamen batırır. Öğrencilerden gözlemlerini not etmelerini ister. Öğrenciler gözlemlerini not ettikten sonra, *tahminleri ile gözlemleri arasında nasıl bir ilişki olduğu* ve *bu durumu nasıl* açıkladıkları sorulur. (Öğrenciler 'hacim' kavramını içeren açıklamalar getirebilirlerse, bu noktada *hacmin ne olduğu* sorusu yönlendirilmelidir. Aynı şekilde öğrenciler bir 'sıkışma' durumundan bahsederlerse, bu *sıkışmanın neyden kaynaklandığı* öğrencilere sorulmalıdır.) **Kapanış:** Gruplar görüşlerini paylaştıktan sonra öğrencilere *gözlemlerine dayanarak gazların özellikleriyle ilgili nasıl bir çıkarım yapabilecekleri sorulur.* Öğrencilerden gözlemleri doğrultusunda açıklama getirmesi beklenir. (Öğrencilerden gelmesi beklenen "gazların hacmi vardır." cevabı üzerine *'hacim nedir?'* sorusu sorulmalıdır.)
Ölçme ve Değerlendirme	Öğrencilerden dersin sonunda, yapılan etkinlikle ilgili bir günlük yazmaları istenir. Öğrencilerden günlüklerini yazarken etkinlikten önceki düşünceleriyle şimdiki düşünceleri arasında farklılık olup olmamasına ve görüşlerinin nasıl değiştiğine/devam ettiğine odaklanmaları istenir. Bu günlükler ise toplanarak ölçme/değerlendirme için kullanılır.

Figure D.2. Lesson plan 2 and activity sheets.

Rumuz: .....

Tarih: .....

Sınıf: .....

Gazların Genel Özellikleri

A. Bir parça kâğıt havlu buruşturularak cam bir bardağın tabanına sıkıştırılıyor. Sonrasında ise cam bardak ters çevrilerek derin bir kaptaki suya tamamen batırılıyor.

a) Kâğıt havluya ne olacağını düşünüyorsunuz? Lütfen düşüncenizi açıklayınız.

.....

.....

.....

.....

B. Lütfen bir miktar kâğıt havluyu belirtildiği şekilde cam bardağın tabanına yerleştiriniz ve cam bardağı ters çevirerek derin bir kaptaki suyun içine tamamen batırınız.

Lütfen gözlemlerinizi not ediniz:.....

.....

.....

C. Kâğıt havluya ne olacağına ilişkin tahminleriniz gözlemlerinizle örtüşüyor mu yoksa farklılaşıyor mu? Gözlemlediğiniz durumu nasıl açıklayabilirsiniz?

.....

.....

.....

.....

.....

D. Gözlemlerinize dayanarak gazların özelliği ile ilgili nasıl bir sonuca ulaşabilirsiniz? Lütfen düşüncenizi açıklayınız.

.....

.....

.....

.....

Figure D.2. Lesson plan 2 and activity sheets (cont.).

Rumuz: ..... Tarih: .....

Sınıf: .....

Yansıtıcı Öğrenme Günlüğü 2

A. Gazların hacmine ile ilgili gerçekleştirdiğiniz etkinlik öncesindeki düşünceleriniz ile şimdiki düşünceleriniz nasıl farklılaşıyor? Yeni öğrendiğiniz şeyler nelerdir? Ders esnasında aklınızı karıştıran durumlar oldu mu? Lütfen düşüncelerinizin yapılan etkinlik esnasında nasıl değiştiğini açıklayan bir günlük yazınız.

Figure D.2. Lesson plan 2 and activity sheets (cont.).

DERS PLANI 3-Dinamik Çoklu Gösterimler Grubu

Genel Bilgiler	**Sınıf:** 9. sınıf **Konu:** Gazların genel özellikleri **Ders süresi:** 40 dakika
Kazanımlar	Öğrenciler gazların bulundukları kabın şeklini aldığını belirtir. Öğrenciler gaz taneciklerinin serbest hareket halinde olduğunu açıklar. Öğrenciler gözlemlerine dayanarak gazların özelliklerine ilişkin çıkarımda bulunurlar.
Materyaller	Kokusu kolay fark edilebilir parfüm
Ders planı	**Giriş:** Öğrencilere etkinlik kâğıtları dağıtılır ve yapılacak olan etkinlik öğrencilere açıklanır. Öğretmen parfüm şişesini alarak odanın bir köşesine geçer ve öğrencilere parfümü bulunduğu noktada sıkacağını, öğrencilerin ise parfüm sıkıldıktan sonra kronometrelerini başlatacaklarını ve parfümün kokusunu aldıkları an kronometreyi durduracaklarını söyler. **Ders Akışı:** Öğretmen odanın bir kenarından parfüm sıkacağını ve sınıftaki öğrencilerin/küçük grupların parfümün kokusunu ilk aldıkları anı bir kronometre aracılığıyla not etmeleri istenir. (Uygulama esnasında tüm pencereler kapalı olmalı ve öğrenciler mevcut konumlarını değiştirmemelidir.) Tüm grupların parfümün kokusunu almasıyla birlikte, gruplardan parfümün sıkıldığı nokta ile kendilerinin bulunduğu nokta arasındaki mesafeyi tahmin etmeleri istenir. (Öğrenciler parfümün kokusunu alıp-almadıklarına dair tereddüt yaşayabilirler, bu durumda aldıkları kokunun nasıl olduğu sorulabilir.) Sonrasında ise *neden bazı grupların kokuyu önce, bazı grupların ise sonra aldığı sorusu* yöneltilir. Öğrenciler bu noktada genellikle mesafenin büyüklüğüne göre kokuyu alma sürelerinin değiştiğini belirtmektedir. Gerçekleşen olayın moleküler düzeyde ne anlama geldiğini anlamak için öğrencilere "*Parfümün sıkılmasından öğrencilerin kokuyu almalarına kadar geçen süre içerisinde parfüm taneciklerinin nasıl davrandığını düşünüyorsunuz?*" sorusu yöneltilir ve grup arkadaşlarıyla tartışmaları istenir. Grup tartışmalarının ardından öğrencilerden açıklamalarını tüm sınıfla paylaşmaları istenir. Öğrencilerden açıklamalarını yaparken *kanıt sunmaları* da istenir. (Öğrencilerden parfümün başta sıvı olduğu sıkıldıktan sonra gaz fazına geçtiği yorumu gelebilmektedir. Şayet öğrenciler yorumlarında bu durumdan bahsetmiyorsa, öğretmen parfüm şişesinin içindeki maddenin

Figure D.3. Lesson plans 3 and activity sheets.

	hangi fazda olduğunu sorarak öğrencilerin dikkatini bu noktaya yönlendirmeli ve bir tartışma ortamı sağlanmalıdır.) Bu noktada aşağıdaki sorular yöneltilerek tartışmanın gidişatı yönlendirilmelidir. *Bu tanecikler nasıl sıvı olarak bir arada duruyorlar?* *Nasıl bu sıvı gaza dönüşüyor?* *Kısa sürede gaza dönüşüyorsa bu sıvıdaki bağlar ile ilgili ne söyleyebilirsiniz?* *Peki, gaza dönüştükten sonra gaz tanecikleri nasıl davranacak?* *Gaz taneciklerinin dizilimi ve tanecikler arası uzaklık ve taneciklerin hareketi için ne söyleyebilirsiniz?* Açıklamaları takiben öğrencilerden bireysel olarak, parfümün sıkıldıktan hemen sonrasındaki durumu, parfümün kokusunu aldıkları anı ve bir gün sonraki durumu gösteren 3 tanecik modeli çizmeleri istenir. (Çizimler esnasında öğrencilerin çalışmalarının gözlenmesi, öğrencilerin maddenin tanecikli yapısına dair görüşlerini yansıtması, gazlarda tanecikler arası mesafenin nasıl algılandığına ilişkin bilgi vermesi sebebiyle önem taşımaktadır. Öğrencilerin gaz taneciklerinin yoğunluğunu olması gerekenden fazla gösterme eğiliminde olabilmektedirler. *Gaz taneciklerinin yoğunluğunun nasıl olması gerektiği* çizimler esnasında yöneltilebilecek sorulardan biridir.) Öğrencilere yapılan etkinliğe ilişkin bir animasyon gösterilir ve kendi çizimleriyle bu gösterimleri karşılaştırmaları istenir. (Animasyona http://group.chem.iastate.edu/Greenbowe/sections/projectfolder/animations/diffusionV8.html adresinden ulaşılmalıdır ve Chrome harici bir web tarayıcıda açılması gerekmektedir. "Continue" ibaresine tıklanarak animasyon başlatılmaktadır.) Gruplara *maddenin hangi özelliğinin parfüm taneciklerinin oda içerisinde dağılmasını sağladığı* sorusu yöneltilir. Tartışmaları için tanınan sürenin ardından gruplara cevaplarını açıklamaları için söz verilir. Bu açıklamalar esnasında öğrencilerden açıklamalarına ilişkin kanıtlar sunmaları beklenmektedir. **Kapanış:** Tüm gruplara görüşlerini paylaşmaları için söz verilmesinin ardından öğrencilere son olarak, *evin mutfağında pişirilen bir yemeğin kokusunun evin bütün odalarından nasıl alınabildiğinin moleküler düzeydeki açıklamasını* yapmaları istenir. Not: Öğrencilerden ocakta pişirilen yemekten gaz fazına geçen tanecikler olduğunu belirtmeleri istenmektedir. (Bu durum ise tenceredeki sıvı/katı taneciklere ısı verilmesiyle tanecikler arası etkileşimin/bağların bu enerji

Figure D.3. Lesson plans 3 and activity sheets (cont.).

	karşısında varlığını eskisi gibi sürdürememesi, taneciklerin mevcut dizilimlerini sürdürememeleri ve tanecikler arası mesafenin artmaya başlaması ile açıklanmalıdır.) Gaz taneciklerinin serbest hareket halinde olması sebebiyle de gaz tanelerinin bütün hacim (bu soru çerçevesinde bütün ev) içerisine homojen olarak yayılacağının ifade edilmesi gerekmektedir.
Ölçme ve Değerlendirme	Öğrencilerden dersin sonunda, yapılan etkinlikle ilgili bir günlük yazmaları istenir. Öğrencilerden günlüklerini yazarken etkinlikten önceki düşünceleriyle şimdiki düşünceleri arasında farklılık olup olmamasına ve görüşlerinin nasıl değiştiğine odaklanmaları istenir. Bu günlükler ise toplanarak ölçme/değerlendirme için kullanılır.

Figure D.3. Lesson plans 3 and activity sheets (cont.).

Rumuz: ..... Tarih: .....

Sınıf: .....

Gazların Genel Özellikleri

Öğretmeniniz sınıfın bir köşesinden parfüm sıkacaktır. Öğretmeniniz parfümü sıktığı anda kronometreyi başlatınız ve kokuyu aldığınız ana kadar geçen süreyi tutunuz.

1. Öğretmeninizin sıktığı parfümün kokusunu almanız ne kadar sürdü?

.....

2. Bulunduğunuz yer ile öğretmeninizin parfümü sıktığı nokta arasındaki mesafeyi tahmin ediniz.

.....

3. Kim parfümün kokusunu ilk olarak aldı? Bu durumu nasıl açıklarsınız?

.....

4. Kim parfümün kokusunu son olarak aldı? Bu durumu nasıl açıklarsınız?

.....

5. Parfümün sıkılmasıyla, sizin parfümün kokusunu almanız arasında geçen sürede parfüm taneciklerine ne olduğunu/ parfüm taneciklerinin nasıl davrandığını düşünüyorsunuz? Lütfen açıklamalarınızı kanıtlarla birlikte yapınız.

.....

.....

.....

.....

6.

a) Parfüm sıkıldıktan hemen sonrasındaki durumu gösteren bir tanecik modeli çiziniz.
b) Parfümün kokusunu aldığınız anı gösteren bir tanecik modeli çiziniz.
c) Parfüm sıkıldıktan bir gün sonrasındaki durumu gösteren bir tanecik modeli çiziniz.

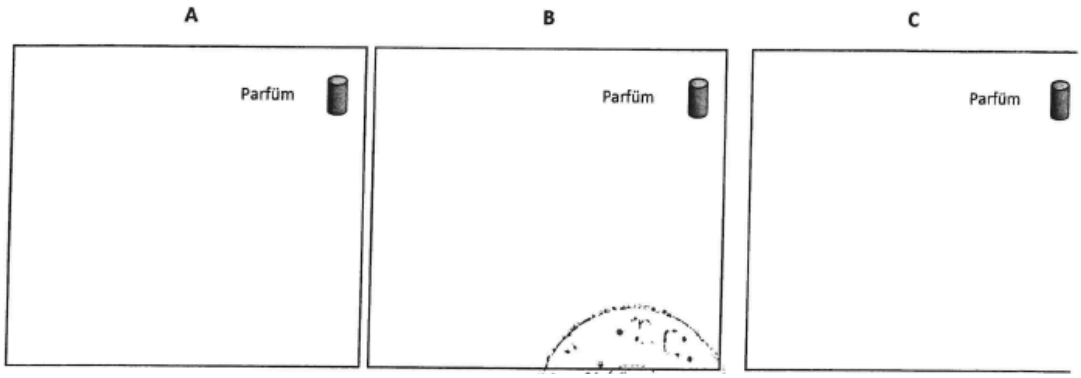


Figure D.3. Lesson plans 3 and activity sheets (cont.).

7. Öğretmeniniz parfümün sıkılmasından sonra parfüm taneciklerinin oda içerisine yayılmasını gösteren bir animasyon gösterecektir.

a) Yaptığınız çizimler ile izlediğiniz animasyon örtüşüyor mu yoksa farklılaşıyor mu? Lütfen açıklayınız.

.....
.....
.....
.....
.....

b) Maddenin hangi özeliği parfüm taneciklerinin oda içerisinde homojen dağılım göstermesini sağlamaktadır? Lütfen cevabınızı kanıtlar sunarak veriniz.

.....
.....
.....
.....
.....

8. Maddenin tanecikli yapısını ve gazların genel özelliklerini göz önünde bulundurarak evin mutfağında pişen bir yemeğin kokusunun evin bütün odalarından alınabilmesini açıklayınız. (Not: Açıklamanızı maddenin tanecikli yapısıyla ilişkilendirerek yapmanız beklenmektedir.)

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Figure D.3. Lesson plans 3 and activity sheets (cont.).

Rumuz: ..... Tarih: .....

Sınıf: .....

Yansıtıcı Öğrenme Günlüğü 3

A. Gazların yayılması ile ilgili gerçekleştirdiğiniz etkinlik öncesindeki düşünceleriniz ile şimdiki düşünceleriniz nasıl farklılaşıyor? Yeni öğrendiğiniz şeyler nelerdir? Ders esnasında aklınızı karıştıran durumlar oldu mu? Lütfen düşüncelerinizin yapılan etkinlik esnasında nasıl değiştiğini açıklayan bir günlük yazınız.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Figure D.3. Lesson plans 3 and activity sheets (cont.).

DERS PLANI 3-Statik Çoklu Gösterimler Grubu

Genel Bilgiler	**Sınıf:** 9. sınıf **Konu:** Gazların genel özellikleri **Ders süresi:** 40 dakika
Kazanımlar	Öğrenciler gazların bulundukları kabın şeklini aldığını belirtir. Öğrenciler gaz taneciklerinin serbest hareket halinde olduğunu açıklar. Öğrenciler gözlemlerine dayanarak gazların özelliklerine ilişkin çıkarımda bulunurlar.
Materyaller	Kokusu kolay fark edilebilir parfüm
Ders planı	**Giriş:** Öğrencilere etkinlik kâğıtları dağıtılır ve yapılacak olan etkinlik öğrencilere açıklanır. Öğretmen parfüm şişesini alarak odanın bir köşesine geçer ve öğrencilere parfümü bulunduğu noktada sıkacağını, öğrencilerin ise parfüm sıkıldıktan sonra kronometrelerini başlatacaklarını ve parfümün kokusunu aldıkları an kronometreyi durduracaklarını söyler. **Ders Akışı:** Öğretmen odanın bir kenarından parfüm sıkacağını ve sınıftaki öğrencilerin/küçük grupların parfümün kokusunu ilk aldıkları anı bir kronometre aracılığıyla not etmeleri istenir. (Uygulama esnasında tüm pencereler kapalı olmalı ve öğrenciler mevcut konumlarını değiştirmemelidir.) Tüm grupların parfümün kokusunu almasıyla birlikte, gruplardan parfümün sıkıldığı nokta ile kendilerinin bulunduğu nokta arasındaki mesafeyi tahmin etmeleri istenir. (Öğrenciler parfümün kokusunu alıp-almadıklarına dair tereddüt yaşayabilirler, bu durumda aldıkları kokunun nasıl olduğu sorulabilir.) Sonrasında ise *neden bazı grupların kokuyu önce, bazı grupların ise sonra aldığı sorusu* yöneltilir. Öğrenciler bu noktada genellikle mesafenin büyüklüğüne göre kokuyu alma sürelerinin değiştiğini belirtmektedir. Gerçekleşen olayın moleküler düzeyde ne anlama geldiğini anlamak için öğrencilere "*Parfümün sıkılmasından öğrencilerin kokuyu almalarına kadar geçen süre içerisinde parfüm taneciklerinin nasıl davrandığını düşünüyorsunuz?*" sorusu yöneltilir ve grup arkadaşlarıyla tartışmaları istenir. Grup tartışmalarının ardından öğrencilerden açıklamalarını tüm sınıfla paylaşmaları istenir. Öğrencilerden açıklamalarını yaparken *kanıt sunmaları* da istenir. (Öğrencilerden parfümün başta sıvı olduğu sıkıldıktan sonra gaz fazına geçtiği yorumu gelebilmektedir. Sayet öğrenciler yorumlarında bu durumdan bahsetmiyorsa, öğretmen parfüm şişesinin içindeki maddenin

Figure D.3. Lesson plans 3 and activity sheets (cont.).

hangi fazda olduğunu sorarak öğrencilerin dikkatini bu noktaya yönlendirmeli ve bir tartışma ortamı sağlanmalıdır.) Bu noktada aşağıdaki sorular yöneltilerek tartışmanın gidişatı yönlendirilmelidir.

Bu tanecikler nasıl sıvı olarak bir arada duruyorlar?

Nasıl bu sıvı gaza dönüşüyor?

Kısa sürede gaza dönüşüyorsa bu sıvıdaki bağlar ile ilgili ne söyleyebilirsiniz?

Peki, gaza dönüştükten sonra gaz tanecikleri nasıl davranacak?

Gaz taneciklerinin dizilimi ve tanecikler arası uzaklık ve taneciklerin hareketi için ne söyleyebilirsiniz?

Açıklamaları takiben öğrencilerden bireysel olarak, parfümün sıkıldıktan hemen sonrasındaki durumu, parfümün kokusunu aldıkları anı ve bir gün sonraki durumu gösteren 3 tanecik modeli çizmeleri istenir.

(Çizimler esnasında öğrencilerin çalışmalarının gözlenmesi, öğrencilerin maddenin tanecikli yapısına dair görüşlerini yansıtması, gazlarda tanecikler arası mesafenin nasıl algılandığına ilişkin bilgi vermesi sebebiyle önem taşımaktadır. Öğrencilerin gaz taneciklerinin yoğunluğunu olması gerekenden fazla gösterme eğiliminde olabilmektedirler. *Gaz taneciklerinin yoğunluğunun nasıl olması gerektiği* çizimler esnasında yöneltilebilecek sorulardan biridir.)

Öğrencilere yapılan etkinliğe ilişkin bir animasyondan alınmış statik gösterimler sunulur ve kendi çizimleriyle animasyonu/simülasyonu karşılaştırmaları istenir. (Animasyona http://group.chem.iastate.edu/Greenbowe/sections/projectfolder/animations/diffusionV8.html adresinden ulaşılabilmektedir. Kullanılacak sunu slaytları EK1'de verilmiştir.)

Gruplara *maddenin hangi özelliğinin parfüm taneciklerinin oda içerisinde dağılmasını sağladığı* sorusu yöneltilir. Tartışmaları için tanınan sürenin ardından gruplara cevaplarını açıklamaları için söz verilir. Bu açıklamalar esnasında öğrencilerden açıklamalarına ilişkin kanıtlar sunmaları beklenmektedir.

Kapanış:

Tüm gruplara görüşlerini paylaşmaları için söz verilmesinin ardından öğrencilere son olarak, *evin mutfağında pişirilen bir yemeğin kokusunun evin bütün odalarından nasıl alınabildiğinin moleküler düzeydeki açıklamasını* yapmaları istenir.

Not: Öğrencilerden ocakta pişirilen yemekten gaz fazına geçen tanecikler olduğunu belirtmeleri istenmektedir. (Bu durum ise tenceredeki sıvı/katı taneciklere ısı verilmesiyle tanecikler arası etkileşimin/bağların bu enerji

Figure D.3. Lesson plans 3 and activity sheets (cont.).

	karşısında varlığını eskisi gibi sürdürememesi, taneciklerin mevcut dizilimlerini sürdürememeleri ve tanecikler arası mesafenin artmaya başlaması ile açıklanmalıdır.) Gaz taneciklerinin serbest hareket halinde olması sebebiyle de gaz tanelerinin bütün hacim (bu soru çerçevesinde bütün ev) içerisine homojen olarak yayılacağının ifade edilmesi gerekmektedir.
Ölçme ve Değerlendirme	Öğrencilerden dersin sonunda, yapılan etkinlikle ilgili bir günlük yazmaları istenir. Öğrencilerden günlüklerini yazarken etkinlikten önceki düşünceleriyle şimdiki düşünceleri arasında farklılık olup olmamasına ve görüşlerinin nasıl değiştiğine odaklanmaları istenir. Bu günlükler ise toplanarak ölçme/değerlendirme için kullanılır.

Figure D.3. Lesson plans 3 and activity sheets (cont.).

Rumuz: ..... Tarih: .....

Sınıf: .....

Gazların Genel Özellikleri

Öğretmeniniz sınıfın bir köşesinden parfüm sıkacaktır. Öğretmeniniz parfümü sıktığı anda kronometreyi başlatınız ve kokuyu aldığınız ana kadar geçen süreyi tutunuz.

1. Öğretmeninizin sıktığı parfümün kokusunu almanız ne kadar sürdü?

.....

2. Bulunduğunuz yer ile öğretmeninizin parfümü sıktığı nokta arasındaki mesafeyi tahmin ediniz.

.....

3. Kim parfümün kokusunu ilk olarak aldı? Bu durumu nasıl açıklarsınız?

.....

4. Kim parfümün kokusunu son olarak aldı? Bu durumu nasıl açıklarsınız?

.....

5. Parfümün sıkılmasıyla, sizin parfümün kokusunu almanız arasında geçen sürede parfüm taneciklerine ne olduğunu/ parfüm taneciklerinin nasıl davrandığını düşünüyorsunuz? Lütfen açıklamalarınızı kanıtlarla birlikte yapınız.

.....

.....

.....

.....

6.

a) Parfüm sıkıldıktan hemen sonrasındaki durumu gösteren bir tanecik modeli çiziniz.
b) Parfümün kokusunu aldığınız anı gösteren bir tanecik modeli çiziniz.
c) Parfüm sıkıldıktan bir gün sonrasındaki durumu gösteren bir tanecik modeli çiziniz.

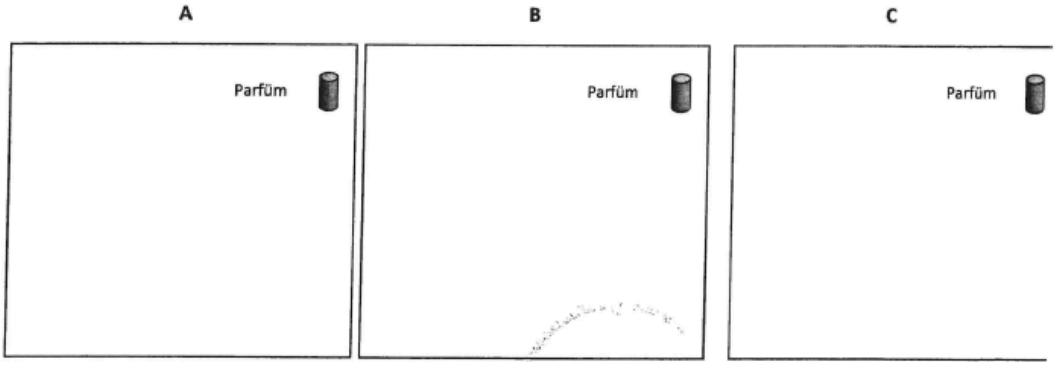


Figure D.3. Lesson plans 3 and activity sheets (cont.).

7. Öğretmeniniz parfümün sıkılmasından sonra parfüm taneciklerinin oda içerisine yayılmasını içeren gösterimler sunacaktır.

a) Yaptığınız çizimler ile sunulan gösterimler örtüşüyor mu yoksa farklılaşıyor mu? Lütfen açıklayınız.

.....
.....
.....
.....
.....

b) Maddenin hangi özeliği parfüm taneciklerinin oda içerisinde homojen dağılım göstermesini sağlamaktadır? Lütfen cevabınızı kanıtlar sunarak veriniz.

.....
.....
.....
.....
.....

8. Maddenin tanecikli yapısını ve gazların genel özelliklerini göz önünde bulundurarak evin mutfağında pişen bir yemeğin kokusunun evin bütün odalarından alınabilmesini açıklayınız. (Not: Açıklamanızı maddenin tanecikli yapısıyla ilişkilendirerek yapmanız beklenmektedir.)

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Figure D.3. Lesson plans 3 and activity sheets (cont.).

Rumuz: ..... Tarih: .....

Sınıf: .....

Yansıtıcı Öğrenme Günlüğü 3

A. Gazların yayılması ile ilgili gerçekleştirdiğiniz etkinlik öncesindeki düşünceleriniz ile şimdiki düşünceleriniz nasıl farklılaşıyor? Yeni öğrendiğiniz şeyler nelerdir? Ders esnasında aklınızı karıştıran durumlar oldu mu? Lütfen düşüncelerinizin yapılan etkinlik esnasında nasıl değiştiğini açıklayan bir günlük yazınız.

Figure D.3. Lesson plans 3 and activity sheets (cont.).

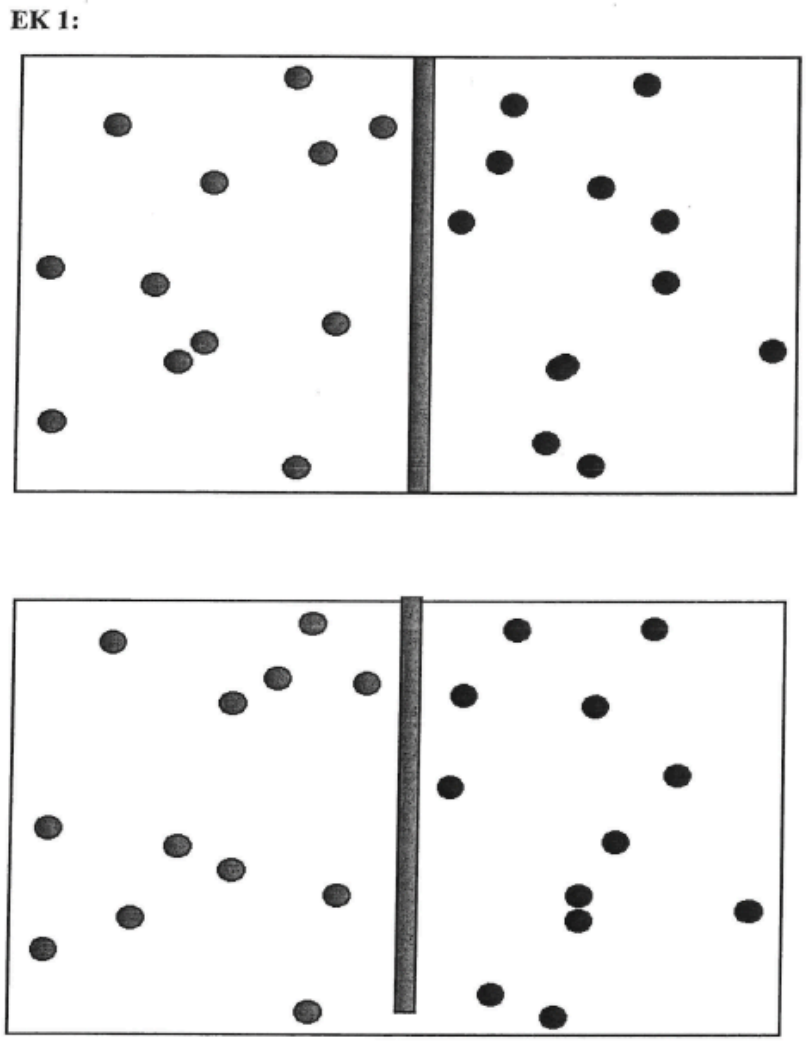


Figure D.4. Static group lesson 3’s presentation slides.

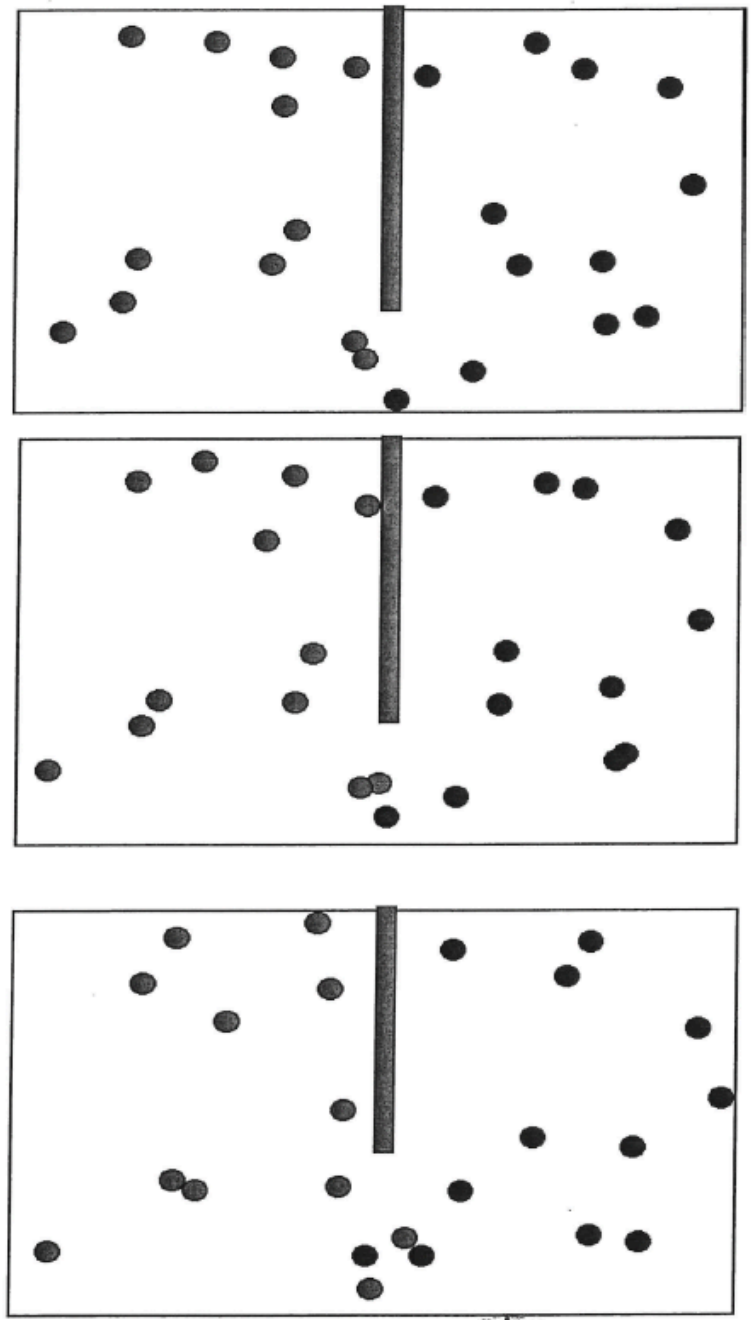


Figure D.4. Static group lesson 3's presentation slides (cont.).

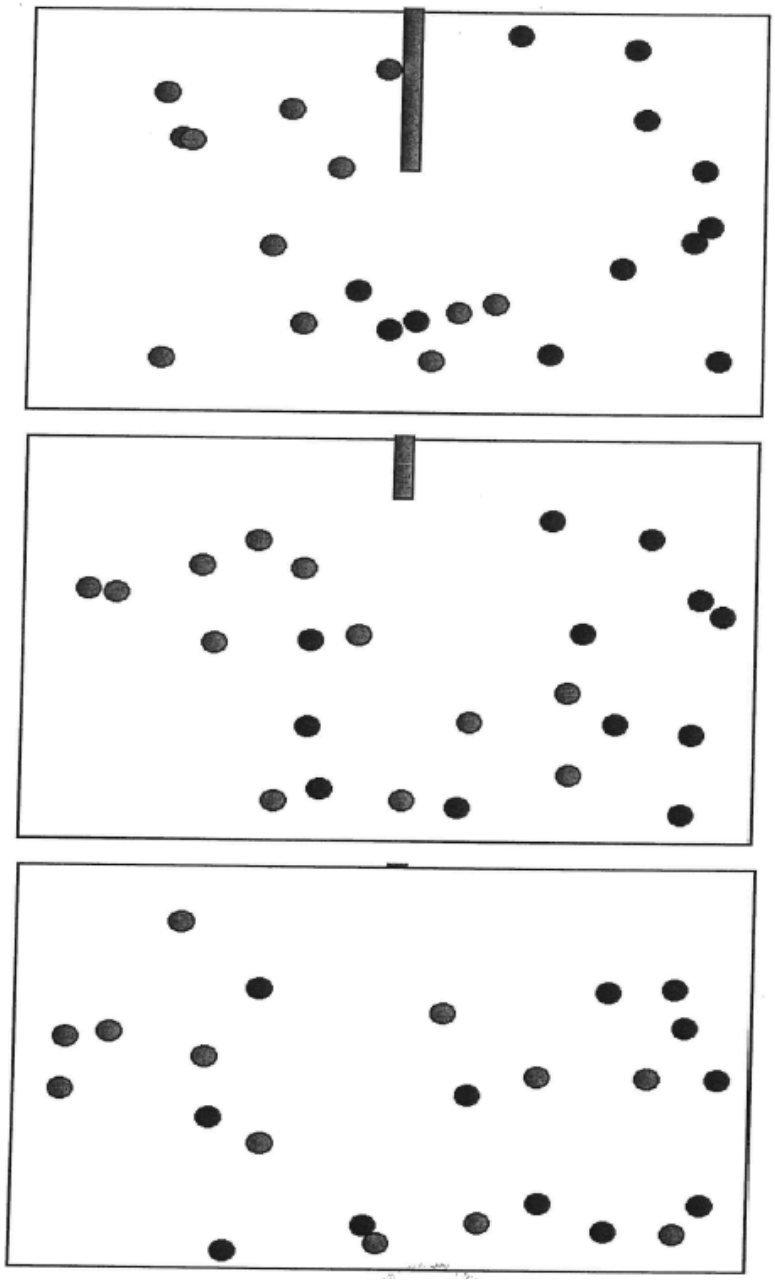


Figure D.4. Static group lesson 3's presentation slides (cont.).

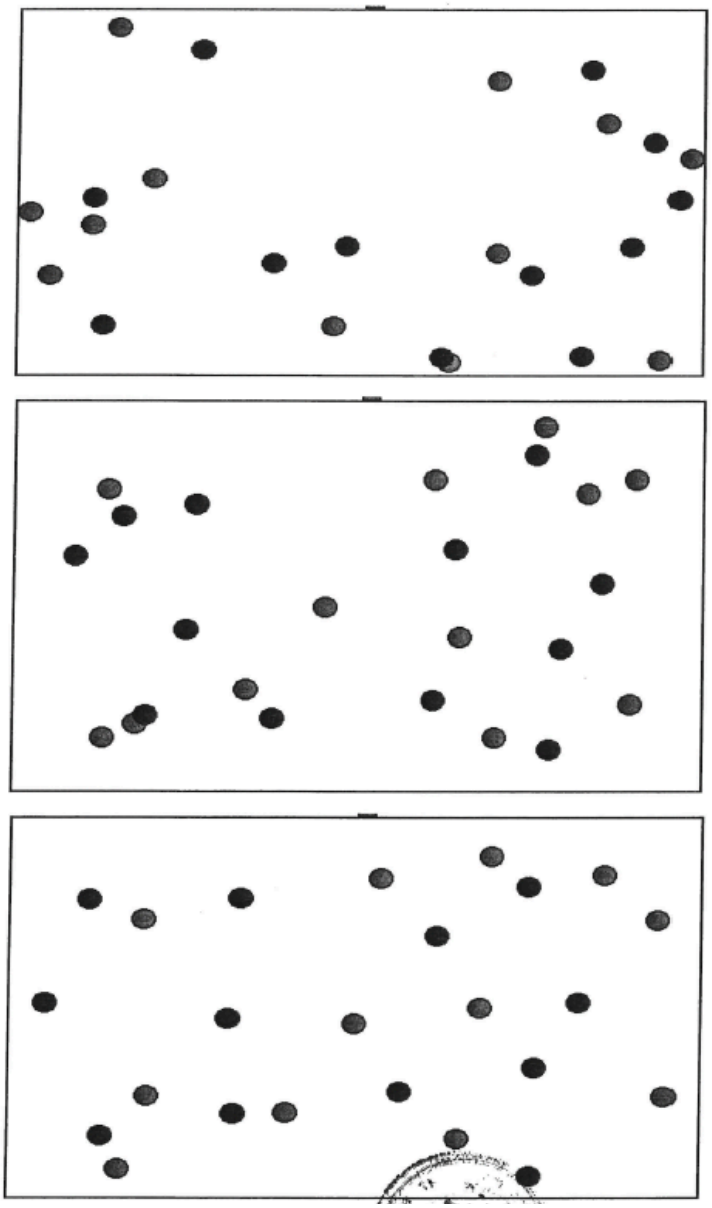


Figure D.4. Static group lesson 3's presentation slides (cont.).

DERS PLANI 4-Dinamik Çoklu Gösterimler Grubu

Genel Bilgiler	**Sınıf:** 9. sınıf **Konu:** Gazların genel özellikleri **Ders süresi:** 40 dakika
Kazanımlar	Öğrenciler gazların sıkıştırılabilir olduğunu belirtir. Öğrenciler gaz taneciklerinin arasında uzak mesafeler olduğunu fark eder. Öğrenciler gaz tanecikleri arasındaki mesafenin boş olduğunu ifade eder.
Materyaller	3 şırınga, İnce kum, Su, Şırınganın ağzını kapamak için oyun hamuru
Ders planı	**Giriş:** Öğrencilere çizim yapmaları istenen bir çalışma kâğıdı dağıtılır ve öğrencilerden bir parça demirin, suyun ve havanın tanecik seviyesindeki gösterimlerini bireysel olarak çizmeleri beklenir. (Bu aşamada öğrencilerden yaptıkları çizimlere dair açıklama istenmez. Ayrıca grup içi tartışma yapılmaması gerekmektedir.) **Ders Akışı:** Öğrencilerin çizimlerini tamamlamalarının ardından yapılacak etkinlik tanıtılır. Öğrencilere biri ince kum, biri su ve biri hava ile dolu, ağzı kapalı 3 adet şırınga verileceği ve öğrencilerden şırıngaların ağzını sıkıca tutacak şekilde bu maddeleri sıkıştırmayı denemeleri isteneceği belirtilir. Öğrencilerden etkinliği gerçekleştirmeden önce, hangi ya da hangilerinin sıkıştırılabileceğine dair tahminde bulunmaları ve tahminlerini yazmaları istenir. (Öğrencilere etkinlik esnasında sıkıştırmaya çalışırken aşırıya kaçmamaları gerektiği, iğne ucunun fırlayabileceği özellikle vurgulanmalıdır.) Öğrencilerden etkinliği gerçekleştirip gözlemlerini not ettikten sonra *ince kum, su ve havanın tanecikleri arasındaki mesafeleri kıyaslamaları* istenir. Öğrencilerin grup üyeleriyle görüş alış-verişinden sonra ise tüm gruplara cevaplarını paylaşmaları için söz verilir. Ardından ise *gazların kolayca sıkıştırılabilmesine rağmen sıvıların ve katıların neden sıkıştırılamadığı sorusu* yöneltilir. Soru grup tartışmasını takip eden bir sınıf tartışmasıyla cevaplanmaya çalışılır. (Kavram yanılgılarından biri olan "katıların tanecikleri arasında hiç mesafe yokken, sıvı tanecikleri arasında biraz mesafe bulunması ancak gaz tanecikleri arasında daha büyük mesafelerin bulunması"

Figure D.5. Lesson plans 4 and activity sheets.

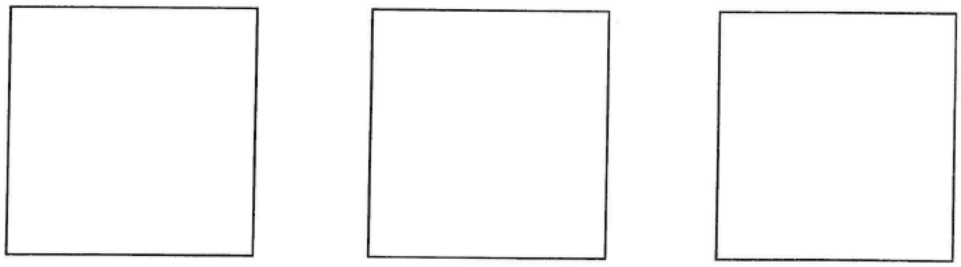
	öğrencilerden gelebilecek cevaplar arasında yer almaktadır. Bu noktada *"Peki suyu neden sıkıştıramıyoruz?"* sorusu yöneltilerek yine sınıf tartışması aracılığıyla öğrencilerin kendilerinin bir cevaba ulaşmaları sağlanmalıdır.) Öğrencilere tartışma sonrasında *maddenin/gazların hangi 2 özelliğinin havanın sıkışmasında rol oynadığı sorusu* yöneltilir. (Gaz tanecikleri arasındaki mesafenin büyüklüğü yanında bu mesafenin boş olduğu, gaz taneciklerinin arasında hiçbir şey bulunmadığını belirtmeleri istenmektedir. Katı, sıvı ve gaz taneciklerinin arasında hiçbir şey bulunmamaktadır ve öğrencilere *"peki katı ve sıvı tanecikleri arasında ne vardır"* sorusu da yöneltilerek bu özelliğin sadece gazlara has bir özellik olmadığı vurgulanmalıdır.) Öğrencilerden son olarak ince kum/su/hava için ayrı ayrı olmak üzere, sıkıştırma öncesi ve sonrasını gösteren 6 tanecik modeli çizmeleri istenir. (Çizimler esnasında öğrencilerin çizimlerinin kontrol edilmesi, daha sonraki animasyon gösterimlerinde yönlendirici olabilmesi açısından önem taşımaktadır.) Öğrencilerin çizimlerini tamamlamasının ardından öğrencilere katı/sıvı/gaz moleküllerinin gösterimleri bir animasyon aracılığıyla sunulur. (Animasyona https://phet.colorado.edu/en/simulation/states-of-matter linkinden ulaşılmalıdır. Aynı maddenin katı, sıvı ve gaz halleri öğrencilere gösterilmelidir. Öğrencilere gösterimler süresince *ne gördükleri, kendi çizimleriyle nasıl benzerlikler ve farklılıklar içerdiği* sorularak açıklamalarda bulunmaları istenmelidir.) (Öğrencilerin sıvı tanecikleri arasındaki mesafenin, katılarınkinden fazla olmadığına, dizilimlerin farklılıklar içerdiklerine ve gaz tanecikleri arasındaki mesafenin oldukça fazla olduğunu ifade edebilmeleri istenmektedir. Katı, sıvı ve gaz tanecikleri arasındaki mesafeler oranı 1:1:10 şeklindedir. Bu bilgi öğrencilerle paylaşılarak gösterimlerde gaz tanecikleri yoğunluğunun nasıl olması gerektiğine ilişkin yorumlamalar yapmaları istenebilir.) **Kapanış:** Birkaç öğrenciye söz verilerek etkinliği özetlemeleri ve varılan sonucu tanecik seviyeyle ilişkilendirerek nasıl açıkladıklarını anlatmaları istenir.
Ölçme ve Değerlendirme	Öğrencilerden dersin sonunda, yapılan etkinlikle ilgili bir yansıtıcı öğrenme günlüğü yazmaları istenir. Öğrencilerden günlüklerini yazarken etkinlikten önceki düşünceleriyle şimdiki düşünceleri arasında farklılık olup olmamasına ve görüşlerinin nasıl değiştiğine odaklanmaları istenir. Bu günlükler ise toplanarak ölçme/değerlendirme için kullanılır.

Figure D.5. Lesson plans 4 and activity sheets (cont.).

Rumuz: ..... Tarih: .....

Sınıf: .....

Lütfen taneciklerin dizilimini ve tanecikler arası mesafeyi göz önünde bulundurarak katı maddenin (bir parça demir), sıvı maddenin (su), gaz halindeki maddenin (helyum) moleküler düzey gösterimlerini çiziniz.



Bir parça demir Su (Sıvı) Helyum

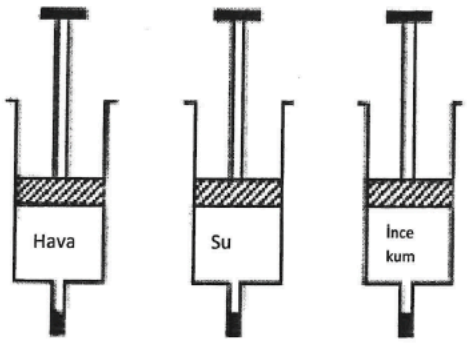
Figure D.5. Lesson plans 4 and activity sheets (cont.).

Rumuz: ..... Tarih: .....

Sınıf: .....

Gazların Genel Özellikleri

Size yarıya kadar hava, su ve ince kum ile doldurulmuş üç şırınga verilecektir. Şırıngaların ağzı ise kapatılmıştır. Lütfen her bir şırıngayı, ağız kısmını dikkatli bir şekilde tutarak sıkıştırmayı deneyiniz.



1. Bu maddelerden hangi ya da hangilerinin sıkıştırılabilir olduğunu düşünüyorsunuz? Lütfen tahminlerinizi ve düşüncelerinizi yazınız.

.....

.....

2. Şırıngalardaki maddeleri sıkıştırmayı denediğinizde, her bir şırıngada ne gözlemlediniz?

Hava ile dolu şırınga: .....

.....

Su ile dolu şırınga: .....

.....

İnce kum ile dolu şırınga:.....

.....

3. Hava, su ve ince kum tanecikleri/molekülleri arasındaki mesafeleri kıyaslayınız.

.....

.....

.....

Figure D.5. Lesson plans 4 and activity sheets (cont.).

4. Sizce gazlar kolaylıkla sıkıştırılabiliyorken, sıvılar ve katılar neden sıkıştırılamıyor? Lütfen açıklayınız.

.....

.....

.....

5. Maddenin/gazların hangi 2 özelliği havanın sıkıştırılabilmesini sağlamaktadır?

.....

.....

6. **a)** Aşağıdaki kutulara sıkıştırma denemelerindeki gözlemlerinizi yansıtacak şekilde hava, su ve ince kum için ayrı ayrı olmak üzere piston çizerek şırıngalarda meydana gelen değişimi gösteriniz.

b) Çizdiğiniz şırıngalar ile ince kum, su ve hava taneciklerinin dizilimini ve taneciklerin aralarındaki mesafeyi gösteren 6 tanecik modeli çizimi yapınız. (İlk çizimlerinizin sıkıştırma öncesi durumu, ikinci çizimlerinizin ise sıkıştırma sonrası durumu yansıtması beklenmektedir.)

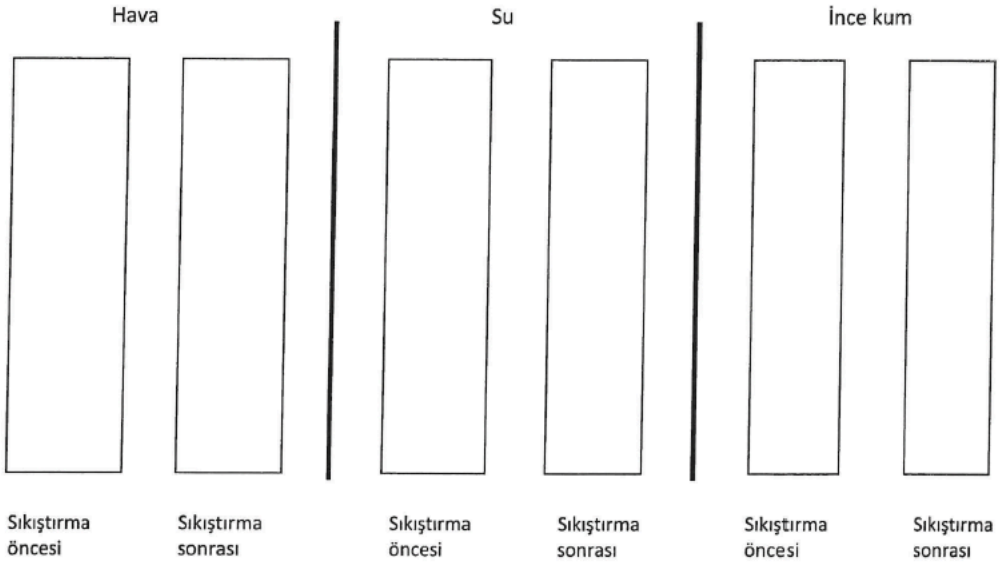


Figure D.5. Lesson plans 4 and activity sheets (cont.).

Rumuz: ..... Tarih: .....

Sınıf: .....

Yansıtıcı Öğrenme Günlüğü 4

A. Katı, sıvı ve gazların sıkıştırılması ile ilgili gerçekleştirdiğiniz etkinlik öncesindeki düşünceleriniz ile şimdiki düşünceleriniz nasıl farklılaşıyor? Yeni öğrendiğiniz şeyler nelerdir? Ders esnasında aklınızı karıştıran durumlar oldu mu? Lütfen düşüncelerinizin yapılan etkinlik esnasında nasıl değiştiğini açıklayan bir günlük yazınız.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Figure D.5. Lesson plans 4 and activity sheets (cont.).

DERS PLANI 4-Statik Çoklu Gösterimler Grubu

Genel Bilgiler	**Sınıf:** 9. sınıf **Konu:** Gazların genel özellikleri **Ders süresi:** 40 dakika
Kazanımlar	Öğrenciler gazların sıkıştırılabilir olduğunu belirtir. Öğrenciler gaz taneciklerinin arasında uzak mesafeler olduğunu fark eder. Öğrenciler gaz tanecikleri arasındaki mesafenin boş olduğunu ifade eder.
Materyaller	3 şırınga, İnce kum, Su, Şırınganın ağzını kapamak için oyun hamuru
Ders planı	**Giriş:** Öğrencilere çizim yapmaları istenen bir çalışma kâğıdı dağıtılır ve öğrencilerden bir parça demirin, suyun ve havanın tanecik seviyesindeki gösterimlerini bireysel olarak çizmeleri beklenir. (Bu aşamada öğrencilerden yaptıkları çizimlere dair açıklama istenmez. Ayrıca grup içi tartışma yapılmaması gerekmektedir.) **Ders Akışı:** Öğrencilerin çizimlerini tamamlamalarının ardından yapılacak etkinlik tanıtılır. Öğrencilere biri ince kum, biri su ve biri hava ile dolu, ağzı kapalı 3 adet şırınga verileceği ve öğrencilerden şırıngaların ağzını sıkıca tutacak şekilde bu maddeleri sıkıştırmayı denemeleri isteneceği belirtilir. Öğrencilerden etkinliği gerçekleştirmeden önce, hangi ya da hangilerinin sıkıştırılabileceğine dair tahminde bulunmaları ve tahminlerini yazmaları istenir. (Öğrencilere etkinlik esnasında sıkıştırmaya çalışırken aşırıya kaçmamaları gerektiği, iğne ucunun fırlayabileceği özellikle vurgulanmalıdır.) Öğrencilerden etkinliği gerçekleştirip gözlemlerini not ettikten sonra *ince kum, su ve havanın tanecikleri arasındaki mesafeleri kıyaslamaları* istenir. Öğrencilerin grup üyeleriyle görüş alış-verişinden sonra ise tüm gruplara cevaplarını paylaşmaları için söz verilir. Ardından ise *gazların kolayca sıkıştırılabilmesine rağmen sıvıların ve katıların neden sıkıştırılamadığı sorusu* yöneltilir. Soru grup tartışmasını takip eden bir sınıf tartışmasıyla cevaplanmaya çalışılır. (Kavram yanılgılarından biri olan "katıların tanecikleri arasında hiç mesafe yokken, sıvı tanecikleri arasında biraz mesafe bulunması ancak gaz tanecikleri arasında daha büyük mesafelerin bulunması" öğrencilerden gelebilecek cevaplar arasında yer almaktadır. Bu noktada *"Peki suyu neden sıkıştıramıyoruz?"* sorusu yöneltilerek yine sınıf

Figure D.5. Lesson plans 4 and activity sheets (cont.).

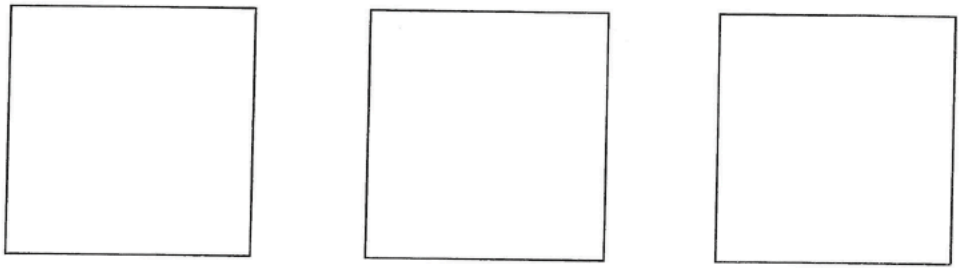
	tartışması aracılığıyla öğrencilerin kendilerinin bir cevaba ulaşmaları sağlanmalıdır.) Öğrencilere tartışma sonrasında *maddenin/gazların hangi 2 özelliğinin havanın sıkışmasında rol oynadığı sorusu* yöneltilir. (Gaz tanecikleri arasındaki mesafenin büyüklüğü yanında bu mesafenin boş olduğu, gaz taneciklerinin arasında hiçbir şey bulunmadığını belirtmeleri istenmektedir. Katı, sıvı ve gaz taneciklerinin arasında hiçbir şey bulunmamaktadır ve öğrencilere "*peki katı ve sıvı tanecikleri arasında ne vardır*" sorusu da yöneltilerek bu özelliğin sadece gazlara has bir özellik olmadığı vurgulanmalıdır.) Öğrencilerden son olarak ince kum/su/hava için ayrı ayrı olmak üzere, sıkıştırma öncesi ve sonrasını gösteren 6 tanecik modeli çizmeleri istenir. (Çizimler esnasında öğrencilerin çizimlerinin kontrol edilmesi, daha sonraki maddenin hallerini içeren moleküler düzey gösterimlerinde yönlendirici olabilmesi açısından önem taşımaktadır.) Öğrencilerin çizimlerini tamamlamasının ardından öğrencilere katı/sıvı/gaz moleküllerinin gösterimleri bir animasyondan alınan statik gösterimler aracılığıyla sunulur. (Animasyona https://phet.colorado.edu/en/simulation/states-of-matter adresinden ulaşılmalıdır. Animasyon öğrencilere gösterilmeden "pause" tuşuna tıklanılması gerekmektedir. İkinci bir seçenek olarak Ek1'de verilen ekran görüntüleri sunulabilir. Öğrencilere gösterimler süresince *ne gördükleri, kendi çizimleriyle nasıl benzerlikler ve farklılıklar içerdiği* sorularak açıklamalarda bulunmaları istenmelidir. (Öğrencilerin sıvı tanecikleri arasındaki mesafenin, katılarınkinden fazla olmadığına, dizilimlerin farklılıklar içerdiklerine ve gaz tanecikleri arasındaki mesafenin oldukça fazla olduğunu ifade edebilmeleri istenmektedir. Katı, sıvı ve gaz tanecikleri arasındaki mesafeler oranı 1:1:10 şeklindedir. Bu bilgi öğrencilerle paylaşılarak gösterimlerde gaz tanecikleri yoğunluğunun nasıl olması gerektiğine ilişkin yorumlamalar yapmaları istenebilir.) **Kapanış:** Birkaç öğrenciye söz verilerek etkinliği özetlemeleri ve varılan sonucu tanecik seviyeyle ilişkilendirerek nasıl açıkladıklarını anlatmaları istenir.
Ölçme ve Değerlendirme	Öğrencilerden dersin sonunda, yapılan etkinlikle ilgili bir yansıtıcı öğrenme günlüğü yazmaları istenir. Öğrencilerden günlüklerini yazarken etkinlikten önceki düşünceleriyle şimdiki düşünceleri arasında farklılık olup olmamasına ve görüşlerinin nasıl değiştiğine odaklanmaları istenir. Bu günlükler ise toplanarak ölçme/değerlendirme için kullanılır.

Figure D.5. Lesson plans 4 and activity sheets (cont.).

Rumuz: ..... Tarih: .....

Sınıf: .....

Lütfen taneciklerin dizilimini ve tanecikler arası mesafeyi göz önünde bulundurarak katı maddenin (bir parça demir), sıvı maddenin (su), gaz halindeki maddenin (helyum) moleküler düzey gösterimlerini çiziniz.



Bir parça demir Su (Sıvı) Helyum

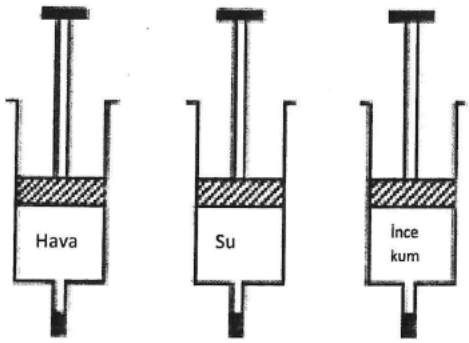
Figure D.5. Lesson plans 4 and activity sheets (cont.).

Rumuz: ..... Tarih: .....

Sınıf: .....

Gazların Genel Özellikleri

Size yarıya kadar hava, su ve ince kum ile doldurulmuş üç şırınga verilecektir. Şırıngaların ağzı ise kapatılmıştır. Lütfen her bir şırıngayı, ağız kısmını dikkatli bir şekilde tutarak sıkıştırmayı deneyiniz.



1. Bu maddelerden hangi ya da hangilerinin sıkıştırılabilir olduğunu düşünüyorsunuz? Lütfen tahminlerinizi ve düşüncelerinizi yazınız.

.....

.....

2. Şırıngalardaki maddeleri sıkıştırmayı denediğinizde, her bir şırıngada ne gözlemlediniz?

Hava ile dolu şırınga: .....

.....

Su ile dolu şırınga: .....

.....

İnce kum ile dolu şırınga:.....

.....

3. Hava, su ve ince kum tanecikleri/molekülleri arasındaki mesafeleri kıyaslayınız.

.....

.....

.....

Figure D.5. Lesson plans 4 and activity sheets (cont.).

4. Sizce gazlar kolaylıkla sıkıştırılabiliyorken, sıvılar ve katılar neden sıkıştırılamıyor? Lütfen açıklayınız.

.....

.....

.....

5. Maddenin/gazların hangi 2 özelliği havanın sıkıştırılabilmesini sağlamaktadır?

.....

.....

6. **a)** Aşağıdaki kutulara sıkıştırma denemelerindeki gözlemlerinizi yansıtacak şekilde hava, su ve ince kum için ayrı ayrı olmak üzere piston çizerek şırıngalarda meydana gelen değişimi gösteriniz.

b) Çizdiğiniz şırıngalar ile ince kum, su ve hava taneciklerinin dizilimini ve taneciklerin aralarındaki mesafeyi gösteren 6 tanecik modeli çizimi yapınız. (İlk çizimlerinizin sıkıştırma öncesi durumu, ikinci çizimlerinizin ise sıkıştırma sonrası durumu yansıtması beklenmektedir.)

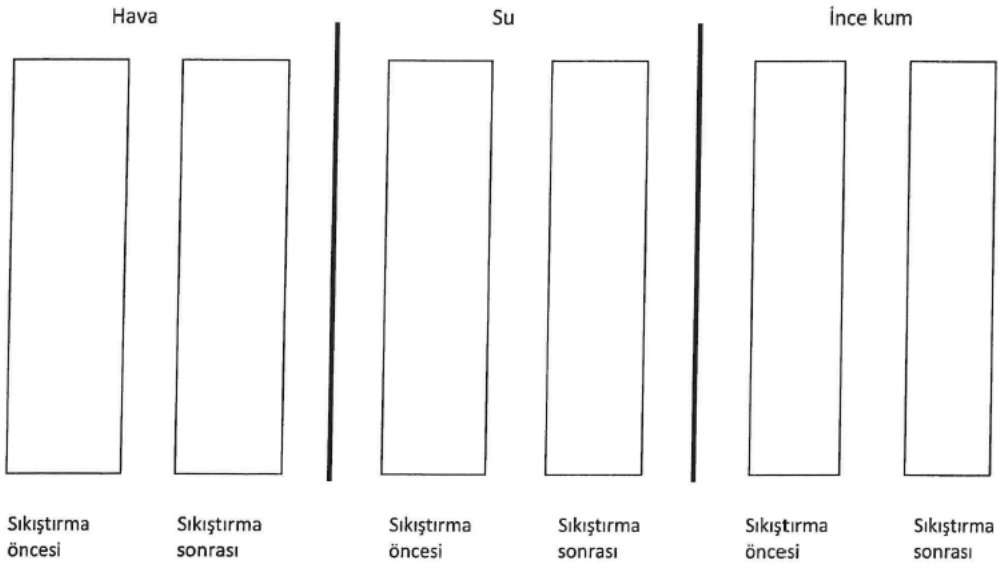


Figure D.5. Lesson plans 4 and activity sheets (cont.).

Rumuz: ..... Tarih: .....

Sınıf: .....

Yansıtıcı Öğrenme Günlüğü 4

A. Katı, sıvı ve gazların sıkıştırılması ile ilgili gerçekleştirdiğiniz etkinlik öncesindeki düşünceleriniz ile şimdiki düşünceleriniz nasıl farklılaşıyor? Yeni öğrendiğiniz şeyler nelerdir? Ders esnasında aklınızı karıştıran durumlar oldu mu? Lütfen düşüncelerinizin yapılan etkinlik esnasında nasıl değiştiğini açıklayan bir günlük yazınız.

Figure D.5. Lesson plans 4 and activity sheets (cont.).

EK1 :

Katı

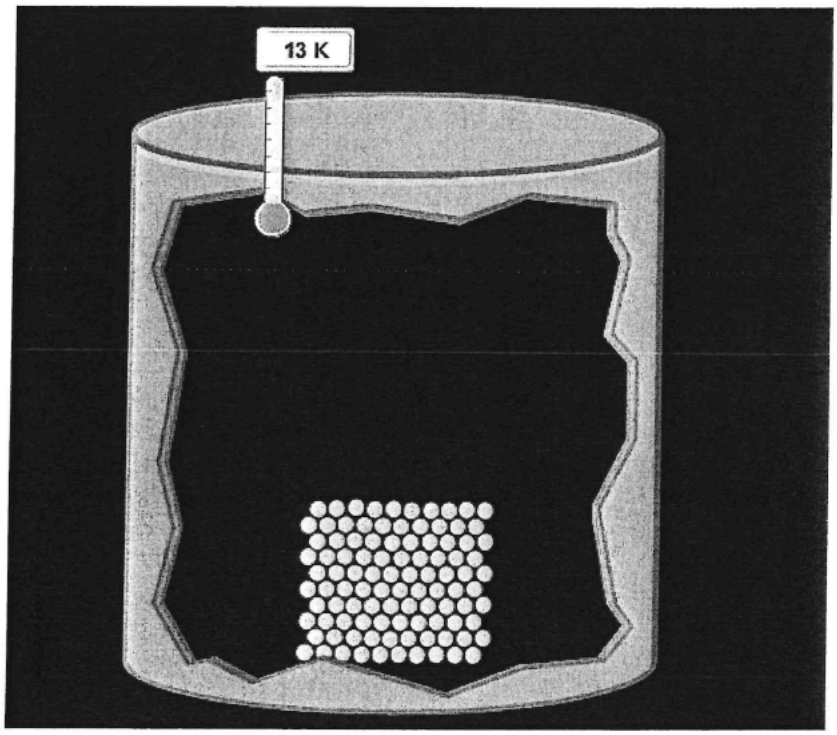


Figure D.6.Static group lesson 4's presentation slides.

Sivi

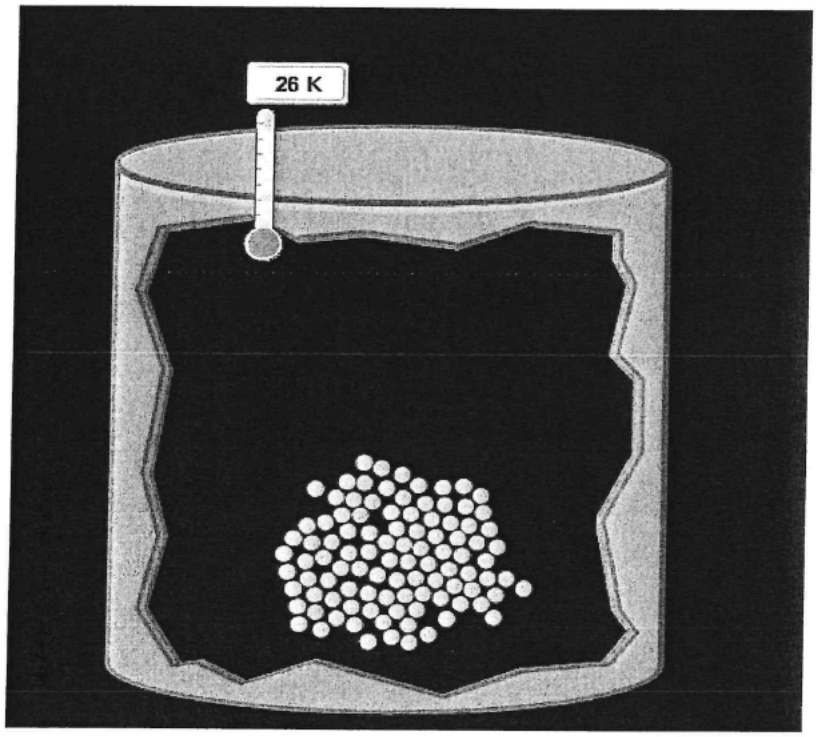


Figure D.6. Static group lesson 4's presentation slides (cont.).

Gaz

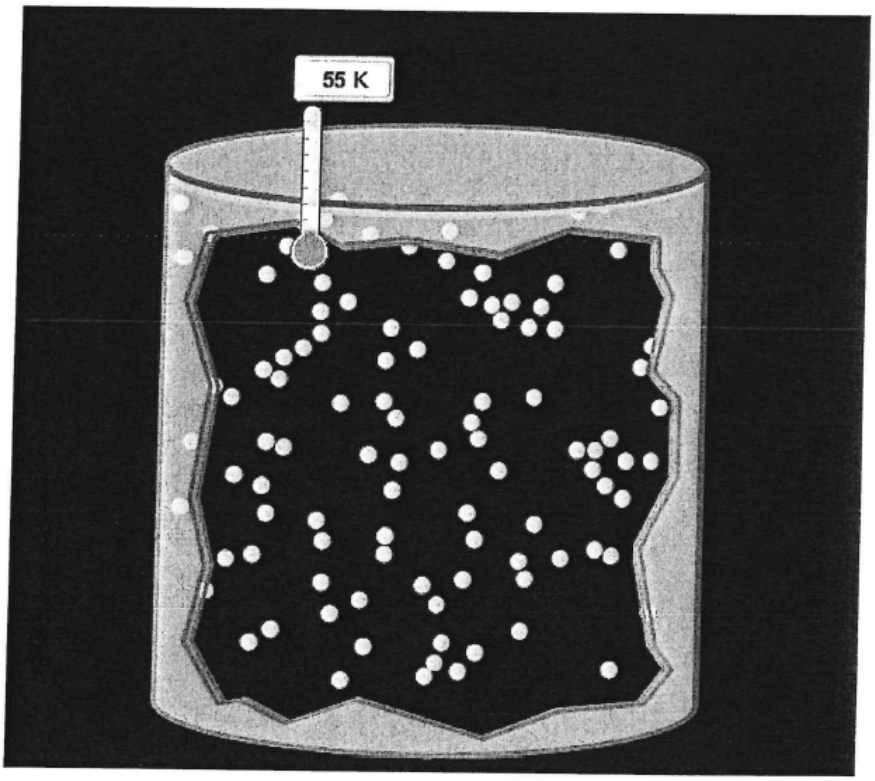


Figure D.6. Static group lesson 4's presentation slides (cont.).

DERS PLANI 5-Dinamik Çoklu Gösterimler Grubu

Genel Bilgiler	**Sınıf:** 9. sınıf **Konu:** Gazların genel özellikleri **Ders süresi:** 40 dakika
Kazanımlar	Öğrenciler gazların ısıtıldığında genleştiğini ifade eder. Öğrenciler gazların soğuduğunda daraldığını ifade eder. Öğrenciler genleşme ve daralmayı tanecikler arası mesafe ile ilişkilendirir. Öğrenciler gaz basıncını, gaz taneciklerinin birbirileriyle ve kabın çeperleriyle yaptıkları çarpışmalarla ilişkilendirir.
Materyaller	Erlen, Balon, Sıcak su, Buz
Ders planı	**Giriş:** Öğretmen öğrencilere yapılacak etkinlik hakkında ilgi vererek etkinlik kâğıtlarını dağıtır. **Ders Akışı:** Öğretmen bir erlenin ağzına bir balonu sıkıca geçireceklerini ve bu erleni önce sıcak su daha sonra ise soğuk su banyosuna koyacaklarını ifade eder. (Öğrenciler sıcak su banyosu ve soğuk su banyosunun ne olduğunu bilmiyorsa, öğretmen bu açıklamayı sağlamalıdır.) Yapılacak etkinliğin tanıtılmasının ardından öğrencilere *erlenin sıcak su banyosuna konulmasından sonra ne gözlemlemeyi bekliklerine ilişkin tahminleri* sorulur ve cevaplarını bireysel olarak not almaları istenir. Öğrenciler grupları üyeleriyle tartışmadan, *erlenin soğuk su banyosuna konulmasının ardından ne gözlemleneceğine ilişkin tahminlerinin* de not edilmesi istenir. Öğrencilere deneyi gerçekleştirmeleri için yeterli süre tanınır. Deney süresince gözlemlerini not etmeleri istenir. Sonrasında ise öğrencilerden tahminleri ve gözlemlerini karşılaştırmaları istenir. Gözlemlenen durumun moleküler seviyede açıklamaları için "*erlen sıcak su banyosu içerisine konduğunda gaz taneciklerinin nasıl davranacağını tasvir ediniz.*" sorusu yöneltilir. Öğrencilerden cevaplarını önce bireysel olarak not almaları, sonrasında ise gruplarında tartışmaları istenir. Gruplara tartışmaları için ayrılan sürenin sonunda her bir gruba söz verilerek bir sınıf tartışması yürütülmelidir. (Öğrencilerden gelebilecek sıcaklık artışı/ısı alması gibi yorumlar durumunda *ısı almanın/sıcaklık artışının ne anlama geldiği* ve bu *sıcaklık artışının erlenin sıcak su banyosu içerisine konulmasıyla nasıl*

Figure D.7. Lesson plans 5 and activity sheets.

	gerçekleştiği sorusu yöneltilmelidir.) Daha sonra öğretmen, *erlenin sıcak su banyosundan alınarak soğuk su banyosuna konmasıyla gaz taneciklerinin davranışının nasıl değiştiğini* sorar. (Aynı şekilde öğrencilere *dışarıya ısı vermenin/sıcaklık düşüşünün gaz davranışı açısından ne anlama geldiği* ve *sıcaklığın düşmesinin nasıl gerçekleştiği* sorulmalıdır.) Tüm gruplara söz hakkı verilmesinden sonra öğretmen gaz davranışına ilişkin bir simülasyon gösterir. (*https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/gas-properties* linki ile simülasyona ulaşılabilir. Simülasyonu hazırlamak için kabın hacmi küçültülür ve hacmi sabit tutmak için sağ kısımdaki parametrelerden hacim (volume) seçilerek bir miktar (100 adet) gaz taneciği kaba gönderilir. Daha sonra ise sağdaki parametrelerden bu sefer basınç (pressure) seçilerek, basınç sabitlenir ve kap altındaki ısıtıcı aracılığıyla hacim değişimi gözlenir.) Öğrencilerden *gaz davranışı ile ilgili yapmış oldukları açıklamaların gösterilen animasyon/simülasyon ile nasıl benzeştiği ve/veya farklılaştığını* açıklamalarını ister. (Açıklamalar esnasında sunulabilecek cevaplardan biri olan 'genleşmenin' ne anlam ifade ettiği öğrencilere sorulmalıdır. Öğrencilerden genleşmeyi sıcaklık artışına bağlı olarak gaz tanecikleri arasındaki mesafenin artmasıyla ilişkilendirmeleri istenmektedir. Eğer mevcut ise genleşmeyi gaz taneciklerinin boyutunun büyümesi olarak tanımlayan bir kavram yanılgısının tespiti bu noktada gerçekleştirilmelidir. Bu noktada gaz tanecikleri büyüyorsa *gaz tanecikleri arasındaki mesafe nasıl etkilenir, sıcaklık artışı devam ederse gaz tanecikleri arasında mesafe kalıp kalmayacağı, bu durumda katılarda olduğu gibi davranış sergilemesi gerekip gerekmediği* gibi sorularla dengesizlik durumu oluşturulabilir.) Öğrencilere simülasyon gösterimi sırasında peki *balonun hacminin değişmesini tanecik seviyesinde nasıl açıklarsınız* sorusu yöneltilerek 'basınç' kavramının tartışılmaya başlanması sağlanmalıdır. Öğrencilerin bu terimi kullanmasıyla basıncın ne olduğu sorusu yöneltilebilir; şayet öğrenciler bu terime açıklamalarında yer vermiyor ise *erlenin sıcak su banyosuna konulmasıyla başlayan süreci neden-sonuç ilişkisi içerisinde açıklamaları* istenerek arzu edilen tartışma ortamı oluşturulabilir. (Öğrencilerden gaz basıncını, gaz taneciklerinin birim zamandaki çarpma sayısıyla ilişkilendirmeleri istenmektedir.) (Öğrencilerden bir balondaki iç basıncın dış basınca/hava basıncına eşit olduğunu bilmeleri beklenmektedir. Öğrenciler bu bilgiye hakim değilse şişirilen bir balonun neden bir süre sonra patladığı

Figure D.7. Lesson plans 5 and activity sheets (cont.).

sorusuyla üzerine düşündürülebilir ya da öğretmen bu bilgiyi öğrencilere sunabilir.)

Öğrencilerin gaz basıncını gaz taneciklerinin kendi aralarında ve bulundukları kabın duvarlarıyla yaptığı çarpışmalarla ilişkilendirmesini takiben, öğretmen farklı basınç birimlerinin olabileceğini belirtir ve birimler arasında nasıl bir ilişki olduğunu öğrencilere açıklar.

Öğrencilere deniz seviyesinde normal atmosfer basıncının tam olarak 760 mmHg (76 cmHg) olarak tanımlandığını belirtir ve 760 mmHg (76 cmHg)= 1 atmosferdir (1 atm) eşitliğini açıklar. Ayrıca;

1 atm = 76 cmHg = 760 mmHg=760 torr

1 atm = 101 325 Pa

1 atm = 1,0133 bar

eşitlikleri de tahtaya yazarak öğrencilere birim çevirisine yönelik örnek sorular yöneltir ve ilk örnek öğretmen tarafından çözülerek açıklanır.

a) 1000 atm =..... bar

b) 1,5 atm =..... cmHg

c) 320 cmHg =..... bar

d) 250 torr =..... atm

1 atm 1,0133 bar ise;

1000 atm X

.....

Doğru orantı sebebiyle X=1,0133*1000 = 1013,3 bar

Öğrencilerin diğer örnekleri bireysel olarak tamamlamalarının ardından örnekler gönüllü öğrenciler tarafından tahtada bir kez daha çözülerek örnekler tamamlanır. Sonrasında ise basınçta olduğu gibi sıcaklık için de birim farklılıkları olabileceği belirtilir.

Gaz sıcaklığı ölçülürken en çok kullanılan sıcaklık birimlerinin Celsius (selsiyus, °C ile gösterilir), Fahrenhayt (F) ve Kelvin (K) olduğu ifade edilir. Gazları tanımlarken en çok kullanılan sıcaklık biriminin ise Kelvin olduğu ve "T'' sembolü ile gösterildiği belirtilir. Kelvin ile belirtilen sıcaklığın, mutlak sıcaklık olarak bilindiği ve °C (Celsius) birimi cinsinden verilen sıcaklığın K birimine nasıl çevrildiği gösterilir:

Kelvin (K) = Celcius (°C) + 273

T (K) = t (°C) + 273

Öğrencilerden oda sıcaklığını (25 °C) Kelvin birimiyle ifade etmeleri istenir ve öğrencilerin bu çeviriyi gerçekleştirmelerinin

Figure D.7. Lesson plans 5 and activity sheets (cont.).

	ardından soru öğretmen tarafından tahtada çözülür. Atom veya moleküllerin hareketinin tamamen durduğu sıcaklığın -273.15 °C olduğu ve mutlak sıfır noktası olarak tanımlandığı belirtilerek Kelvin sıcaklığının tercih edilmesinin nedeni "°C biriminde negatif olan sıcaklık değerinin pozitif olmasını sağlaması, böylece negatif sıcaklık değerleri ile uğraşılmaması" olarak ifade edilir. **Kapanış:** Tüm gruplara görüşlerini paylaşmaları için söz verilmesinin ardından öğrencilere son olarak, *gazların hangi özelliği/özelliklerinin genleşmeyi ve daralmayı sağladığı* sorusu yönlendirilir. Grupların cevaplarını açıklamalarının ardından, birkaç öğrenciye söz verilerek yapılan etkinliği ve gazların ısıtıldığında neden genleştiğini, soğuduğunda neden daraldığını tanecik seviyesinde açıklamalarını ve gaz basıncının ne anlama geldiğini ifade etmeleri istenir.
Ölçme ve Değerlendirme	Öğrencilerden dersin sonunda, yapılan etkinlikle ilgili bir günlük yazmaları istenir. Öğrencilerden günlüklerini yazarken etkinlikten önceki düşünceleriyle şimdiki düşünceleri arasında farklılık olup olmamasına ve görüşlerinin nasıl değiştiğine odaklanmaları, varsa yeni öğrendiği şeyleri açıklamaları ve ders esnasında zihinlerini karıştıran durumları tartışmaları istenir. Bu günlükler ise toplanarak ölçme/değerlendirme için kullanılır.

Figure D.7. Lesson plans 5 and activity sheets (cont.).

Rumuz: ..... Tarih: .....

Sınıf: .....

Gazların Genel Özellikleri

1. Bir balon erlenin ağız kısmına hiçbir sızıntı olmayacak şekilde sıkıca geçiriliyor ve bu erlen sıcak su banyosuna konuluyor.

   a) Erlenin sıcak su banyosuna konulmasından sonra ne olacağını düşünüyorsunuz? Lütfen cevabınızı yazarak açıklayınız.

.....

.....

.....

   b) Daha sonra sıcak su banyosundaki erlen alınarak soğuk su banyosuna konuluyor. Erlenin soğuk su banyosuna konulmasından sonra ne olacağını düşünüyorsunuz?

.....

.....

.....

2. Aşağıdaki durumlara ait gözlemlerinizi not ediniz.

   a) Erlen sıcak su banyosuna konulduğunda: .....

   .....

   b) Erlen soğuk su banyosuna konulduğunda: .....

   .....

3. Erlene/balona ne olacağına ilişkin tahminleriniz gözlemlerinizle örtüşüyor mu yoksa farklılaşıyor mu? Gözlemleriniz ile tahminlerinizin nasıl benzeştiğini ve nasıl farklılaştığını açıklayınız.

.....

.....

.....

.....

.....

Figure D.7. Lesson plans 5 and activity sheets (cont.).

4. Lütfen erlen sıcak su banyosuna konduğunda gaz taneciklerinin davranışının nasıl olduğunu tasvir ediniz. (Açıklamalarınızda maddenin tanecikli yapısını göz önünde bulundurunuz.)

.....

.....

.....

.....

.....

5. Erlenin sıcak su banyosundan alınarak soğuk suya yerleştirilmesi sonucunda gaz davranışını nasıl değişir? Maddenin tanecikli yapısını göz önünde bulundurarak gaz taneciklerinin davranışının nasıl olacağını açıklayınız.

.....

.....

.....

.....

.....

6. Öğretmeniniz size gaz davranışına ilişkin bir simülasyon gösterecektir. Lütfen gaz davranışıyla ilgili yaptığınız açıklamaların, simülasyonda gösterilen tanecik davranışıyla hangi açılardan benzeştiğini ve/veya farklılaştığını açıklayınız.

.....

.....

.....

.....

.....

7. Gazların hangi özelliğinin (özelliklerinin) genleşmeyi ve daralmayı sağladığını açıklayınız.

.....

.....

.....

Figure D.7. Lesson plans 5 and activity sheets (cont.).

Rumuz: ..... Tarih: .....

Sınıf: .....

Yansıtıcı Öğrenme Günlüğü 5

A. Gazların genleşmesi ve daralması ile ilgili gerçekleştirdiğiniz etkinlik öncesindeki düşünceleriniz ile şimdiki düşünceleriniz nasıl farklılaşıyor? Yeni öğrendiğiniz şeyler nelerdir? Ders esnasında aklınızı karıştıran durumlar oldu mu? Lütfen düşüncelerinizin yapılan etkinlik esnasında nasıl değiştiğini açıklayan bir günlük yazınız.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Figure D.7. Lesson plans 5 and activity sheets (cont.).

DERS PLANI 5-Statik Çoklu Gösterimler Grubu

Genel Bilgiler	**Sınıf:** 9. sınıf **Konu:** Gazların genel özellikleri **Ders süresi:** 40 dakika
Kazanımlar	Öğrenciler gazların ısıtıldığında genleştiğini ifade eder. Öğrenciler gazların soğuduğunda daraldığını ifade eder. Öğrenciler genleşme ve daralmayı tanecikler arası mesafe ile ilişkilendirir. Öğrenciler gaz basıncını, gaz taneciklerinin birbirileriyle ve kabın çeperleriyle yaptıkları çarpışmalarla ilişkilendirir.
Materyaller	Erlen, Balon, Sıcak su, Buz
Ders planı	**Giriş:** Öğretmen öğrencilere yapılacak etkinlik hakkında ilgi vererek etkinlik kâğıtlarını dağıtır. **Ders Akışı:** Öğretmen bir erlenin ağzına bir balonu sıkıca geçireceklerini ve bu erleni önce sıcak su daha sonra ise soğuk su banyosuna koyacaklarını ifade eder. (Öğrenciler sıcak su banyosu ve soğuk su banyosunun ne olduğunu bilmiyorsa, öğretmen bu açıklamayı sağlamalıdır.) Yapılacak etkinliğin tanıtılmasının ardından öğrencilere *erlenin sıcak su yatağına konulmasından sonra ne gözlemlemeyi beklediklerine ilişkin tahminleri* sorulur ve cevaplarını bireysel olarak not almaları istenir. Öğrenciler grupları üyeleriyle tartışmadan, *erlenin soğuk su banyosuna konulmasının ardından ne gözlemleneceğine ilişkin tahminlerinin* de not edilmesi istenir. Öğrencilere deneyi gerçekleştirmeleri için yeterli süre tanınır. Deney süresince gözlemlerini not etmeleri istenir. Sonrasında ise öğrencilerden tahminleri ve gözlemlerini karşılaştırmaları istenir. Gözlemlenen durumun moleküler seviyede açıklamaları için "*erlen sıcak su banyosu içerisine konduğunda gaz taneciklerinin nasıl davranacağını tasvir ediniz.*" sorusu yöneltilir. Öğrencilerden cevaplarını önce bireysel olarak not almaları, sonrasında ise gruplarında tartışmaları istenir. Gruplara tartışmaları için ayrılan sürenin sonunda her bir gruba söz verilerek bir sınıf tartışması yürütülmelidir. (Öğrencilerden gelebilecek sıcaklık artışı/ısı alması gibi yorumlar durumunda *ısı almanın/sıcaklık artışının ne anlama geldiği* ve bu

Figure D.7. Lesson plans 5 and activity sheets (cont.).

	sıcaklık artışının erlenin sıcak su banyosu içerisine konulmasıyla nasıl gerçekleştiği sorusu yöneltilmelidir.) Daha sonra öğretmen, *erlenin sıcak su banyosundan alınarak soğuk su banyosuna konmasıyla gaz taneciklerinin davranışının nasıl değiştiğini* sorar. (Aynı şekilde öğrencilere *dışarıya ısı vermenin/sıcaklık düşüşünün gaz davranışı açısından ne anlama geldiği* ve *sıcaklığın düşmesinin nasıl gerçekleştiği* sorulmalıdır.) Tüm gruplara söz hakkı verilmesinden sonra öğretmen gaz davranışına ilişkin bir simülasyona ait ekran görüntülerini öğrencilere gösterir ve öğrencilerden *gaz davranışı ile ilgili yapmış oldukları açıklamaların gösterilen anlık simülasyon ekran görüntüleri ile nasıl benzeştiği ve/veya farklılaştığını* açıklamalarını ister. (https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/gas-properties linkinden ekran görüntüleri alınan simülasyona ulaşılabilinir. Ekran görüntüleri Ek1'de verilmiştir.) (Açıklamalar esnasında sunulabilecek cevaplardan biri olan 'genleşmenin' ne anlam ifade ettiği öğrencilere sorulmalıdır. Öğrencilerden genleşmeyi sıcaklık artışına bağlı olarak gaz tanecikleri arasındaki mesafenin artmasıyla ilişkilendirmeleri istenmektedir. Eğer mevcut ise genleşmeyi gaz taneciklerinin boyutunun büyümesi olarak tanımlayan bir kavram yanılgısının tespiti bu noktada gerçekleştirilmelidir. Bu noktada gaz tanecikleri büyüyorsa *gaz tanecikleri arasındaki mesafe nasıl etkilenir, sıcaklık artışı devam ederse gaz tanecikleri arasında mesafe kalıp kalmayacağı, bu durumda katılarda olduğu gibi davranış sergilemesi gerekip gerekmediği* gibi sorularla dengesizlik durumu oluşturulabilir.) Öğrencilere simülasyon ekran görüntüleri gösterimi sırasında peki *balonun hacminin değişmesini tanecik seviyesinde nasıl açıklarsınız* sorusu yöneltilerek 'basınç' kavramının tartışılmaya başlanması sağlanmalıdır. Öğrencilerin bu terimi kullanmasıyla basıncın ne olduğu sorusu yöneltilebilir; şayet öğrenciler bu terime açıklamalarında yer vermiyor ise *erlenin sıcak su banyosuna konulmasıyla başlayan süreci neden-sonuç ilişkisi içerisinde açıklamaları* istenerek arzu edilen tartışma ortamı oluşturulabilir. (Öğrencilerden gaz basıncını, gaz taneciklerinin birim zamandaki çarpma sayısıyla ilişkilendirmeleri istenmektedir.) (Öğrencilerden bir balondaki iç basıncın dış basınca/hava basıncına eşit olduğunu bilmeleri beklenmektedir. Öğrenciler bu bilgiye hakim değilse şişirilen bir balonun neden bir süre sonra patladığı sorusuyla üzerine düşündürülebilir ya da öğretmen bu bilgiyi öğrencilere sunabilir.)

Figure D.7. Lesson plans 5 and activity sheets (cont.).

Öğrencilerin gaz basıncını gaz taneciklerinin kendi aralarında ve bulundukları kabın duvarlarıyla yaptığı çarpışmalarla ilişkilendirmesini takiben, öğretmen farklı basınç birimlerinin olabileceğini belirtir ve birimler arasında nasıl bir ilişki olduğunu öğrencilere açıklar.

Öğrencilere deniz seviyesinde normal atmosfer basıncının tam olarak 760 mmHg (76 cmHg) olarak tanımlandığını belirtir ve 760 mmHg (76 cmHg)= 1 atmosferdir (1 atm) eşitliğini açıklar. Ayrıca;

1 atm = 76 cmHg = 760 mmHg=760 torr

1 atm = 101 325 Pa

1 atm = 1,0133 bar

eşitlikleri de tahtaya yazarak öğrencilere birim çevirisine yönelik örnek sorular yöneltir ve ilk örnek öğretmen tarafından çözülerek açıklanır.

a) 1000 atm =..... bar

b) 1,5 atm =..... cmHg

c) 320 cmHg =..... bar

d) 250 torr =..... atm

1 atm 1,0133 bar ise;

1000 atm X

.....

Doğru orantı sebebiyle X=1,0133*1000 = 1013,3 bar

Öğrencilerin diğer örnekleri bireysel olarak tamamlamalarının ardından örnekler gönüllü öğrenciler tarafından tahtada bir kez daha çözülerek örnekler tamamlanır. Sonrasında ise basınçta olduğu gibi sıcaklık için de birim farklılıkları olabileceği belirtilir.

Gaz sıcaklığı ölçülürken en çok kullanılan sıcaklık birimlerinin Celsius (selsiyus, °C ile gösterilir), Fahrenhayt (F) ve Kelvin (K) olduğu ifade edilir. Gazları tanımlarken en çok kullanılan sıcaklık biriminin ise Kelvin olduğu ve "T'' sembolü ile gösterildiği belirtilir.. Kelvin ile belirtilen sıcaklığın, mutlak sıcaklık olarak bilindiği ve °C (Celsius) birimi cinsinden verilen sıcaklığın K birimine nasıl çevrildiği gösterilir:

Kelvin (K) = Celcius (°C) + 273

T (K) = t (°C) + 273

Öğrencilerden oda sıcaklığını (25 °C) Kelvin birimiyle ifade etmeleri istenir ve öğrencilerin bu çeviriyi gerçekleştirmelerinin ardından soru öğretmen tarafından tahtada çözülür.

Figure D.7. Lesson plans 5 and activity sheets (cont.).

	Atom veya moleküllerin hareketinin tamamen durduğu sıcaklığın -273.15 °C olduğu ve mutlak sıfır noktası olarak tanımlandığı belirtilerek Kelvin sıcaklığının tercih edilmesinin nedeni "**°C** biriminde negatif olan sıcaklık değerinin pozitif olmasını sağlaması, böylece negatif sıcaklık değerleri ile uğraşılmaması" olarak ifade edilir. **Kapanış:** Tüm gruplara görüşlerini paylaşmaları için söz verilmesinin ardından öğrencilere son olarak, *gazların hangi özelliği/özelliklerinin genleşmeyi ve daralmayı sağladığı* sorusu yönlendirilir. Grupların cevaplarını açıklamalarının ardından, birkaç öğrenciye söz verilerek yapılan etkinliği ve gazların ısıtıldığında neden genleştiğini, soğuduğunda neden daraldığını tanecik seviyesinde açıklamalarını ve gaz basıncının ne anlama geldiğini ifade etmeleri istenir.
Ölçme ve Değerlendirme	Öğrencilerden dersin sonunda, yapılan etkinlikle ilgili bir günlük yazmaları istenir. Öğrencilerden günlüklerini yazarken etkinlikten önceki düşünceleriyle şimdiki düşünceleri arasında farklılık olup olmamasına ve görüşlerinin nasıl değiştiğine odaklanmaları, varsa yeni öğrendiği şeyleri açıklamaları ve ders esnasında zihinlerini karıştıran durumları tartışmaları istenir. Bu günlükler ise toplanarak ölçme/değerlendirme için olarak kullanılır.

Figure D.7. Lesson plans 5 and activity sheets (cont.).

Rumuz: ..... Tarih: .....

Sınıf: .....

Gazların Genel Özellikleri

1. Bir balon erlenin ağız kısmına hiçbir sızıntı olmayacak şekilde sıkıca geçiriliyor ve bu erlen sıcak su banyosuna konuluyor.

   a) Erlenin sıcak su banyosuna konulmasından sonra ne olacağını düşünüyorsunuz? Lütfen cevabınızı yazarak açıklayınız.

.....

.....

.....

   b) Daha sonra sıcak su banyosundaki erlen alınarak soğuk su banyosuna konuluyor. Erlenin soğuk su banyosuna konulmasından sonra ne olacağını düşünüyorsunuz?

.....

.....

.....

2. Aşağıdaki durumlara ait gözlemlerinizi not ediniz.

   a) Erlen sıcak su banyosuna konulduğunda: .....

   .....

   b) Erlen soğuk su banyosuna konulduğunda: .....

   .....

3. Erlene/balona ne olacağına ilişkin tahminleriniz gözlemlerinizle örtüşüyor mu yoksa farklılaşıyor mu? Gözlemleriniz ile tahminlerinizin nasıl benzeştiğini ve nasıl farklılaştığını açıklayınız.

.....

.....

.....

.....

Figure D.7. Lesson plans 5 and activity sheets (cont.).

4. Lütfen erlen sıcak su banyosuna konduğunda gaz taneciklerinin davranışının nasıl olduğunu tasvir ediniz. (Açıklamalarınızda maddenin tanecikli yapısını göz önünde bulundurunuz.)

.....

.....

.....

.....

.....

5. Erlenin sıcak su banyosundan alınarak soğuk suya yerleştirilmesi sonucunda gaz davranışını nasıl değişir? Maddenin tanecikli yapısını göz önünde bulundurarak gaz taneciklerinin davranışının nasıl olacağını açıklayınız.

.....

.....

.....

.....

.....

6. Öğretmeniniz size gaz davranışına ilişkin bazı simülasyon görüntüleri gösterecektir. Lütfen gaz davranışıyla ilgili yaptığınız açıklamaların, simülasyondan alınan görüntülerde gösterilen tanecik davranışıyla hangi açılardan benzeştiğini ve/veya farklılaştığını açıklayınız.

.....

.....

.....

.....

.....

7. Gazların hangi özelliğinin (özelliklerinin) genleşmeyi ve daralmayı sağladığını açıklayınız.

.....

.....

.....

Figure D.7. Lesson plans 5 and activity sheets (cont.).

Rumuz: ..... Tarih: .....

Sınıf: .....

Yansıtıcı Öğrenme Günlüğü 5

A. Gazların genleşmesi ve daralması ile ilgili gerçekleştirdiğiniz etkinlik öncesindeki düşünceleriniz ile şimdiki düşünceleriniz nasıl farklılaşıyor? Yeni öğrendiğiniz şeyler nelerdir? Ders esnasında aklınızı karıştıran durumlar oldu mu? Lütfen düşüncelerinizin yapılan etkinlik esnasında nasıl değiştiğini açıklayan bir günlük yazınız.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

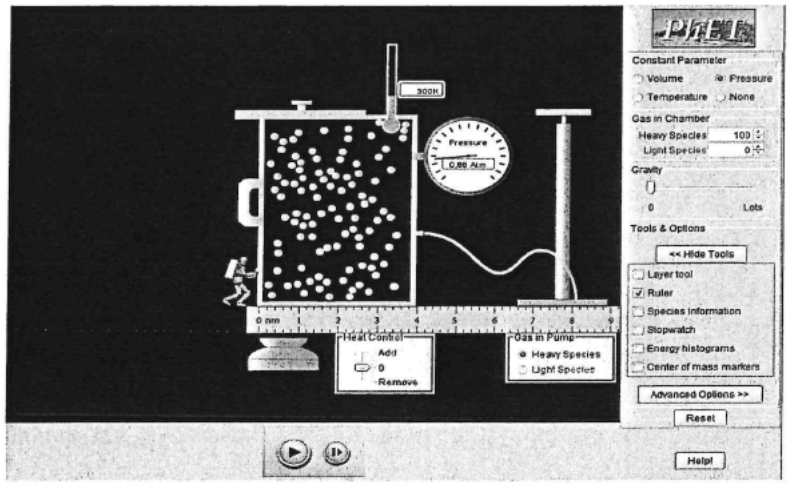
.....

.....

Figure D.7. Lesson plans 5 and activity sheets (cont.).

EK1 :

Genleşme



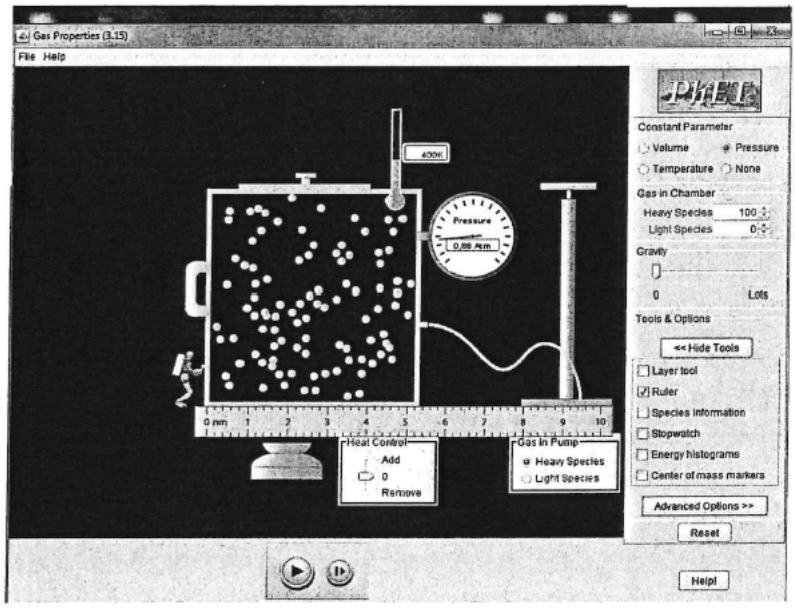
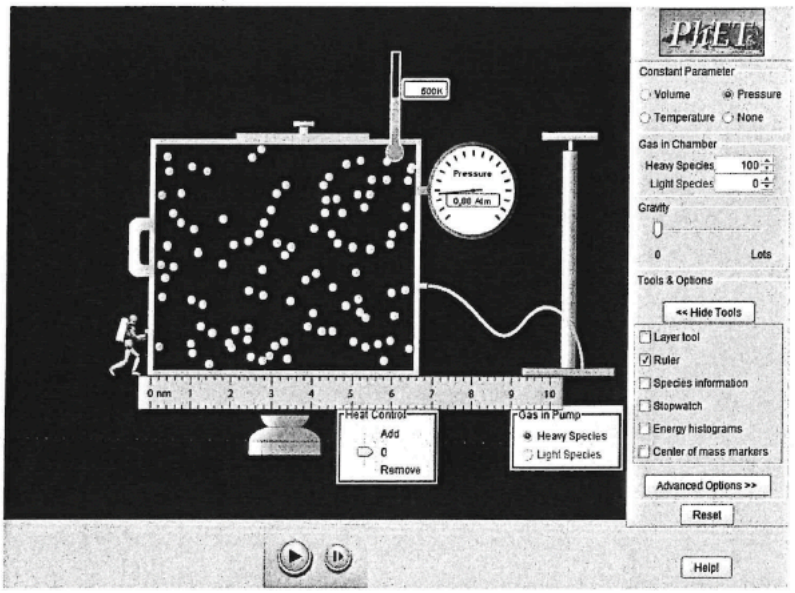


Figure D.8. Static group lesson 5's presentation slides.



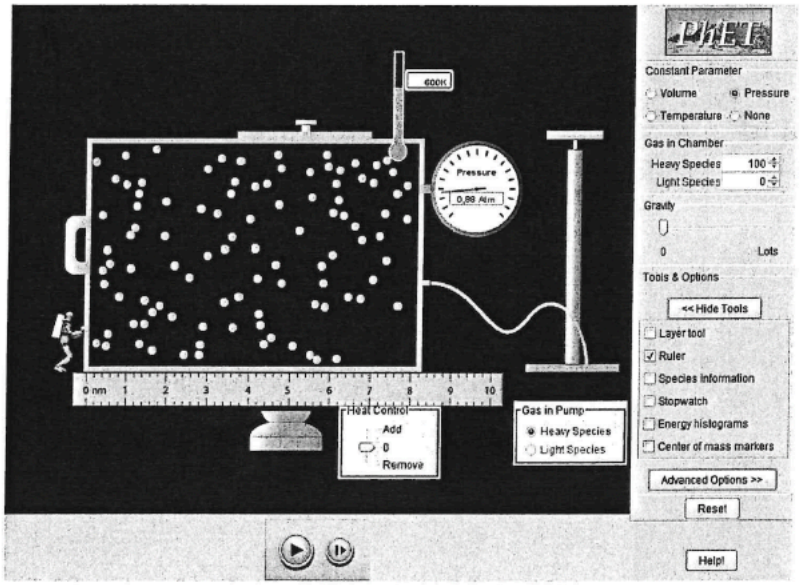
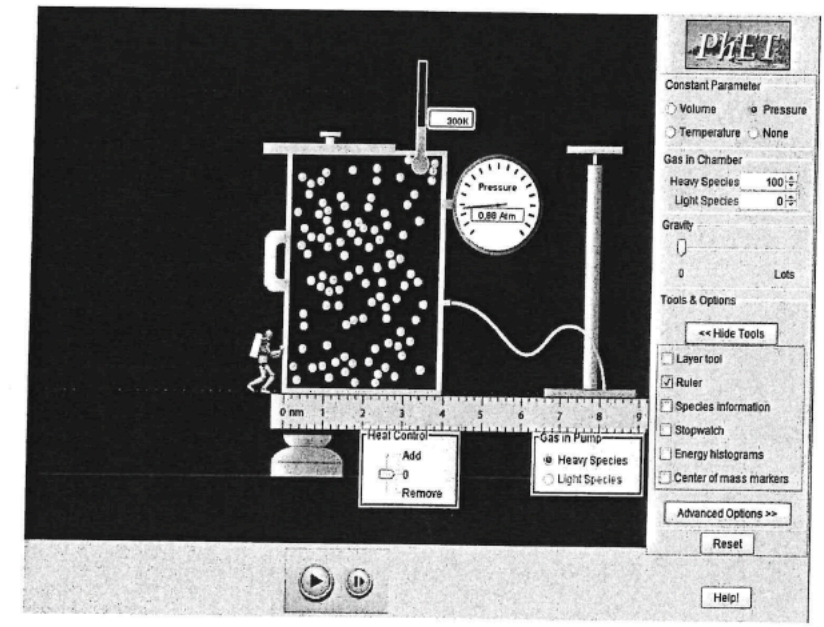


Figure D.8. Static group lesson 5's presentation slides (cont.).

Sıkışma



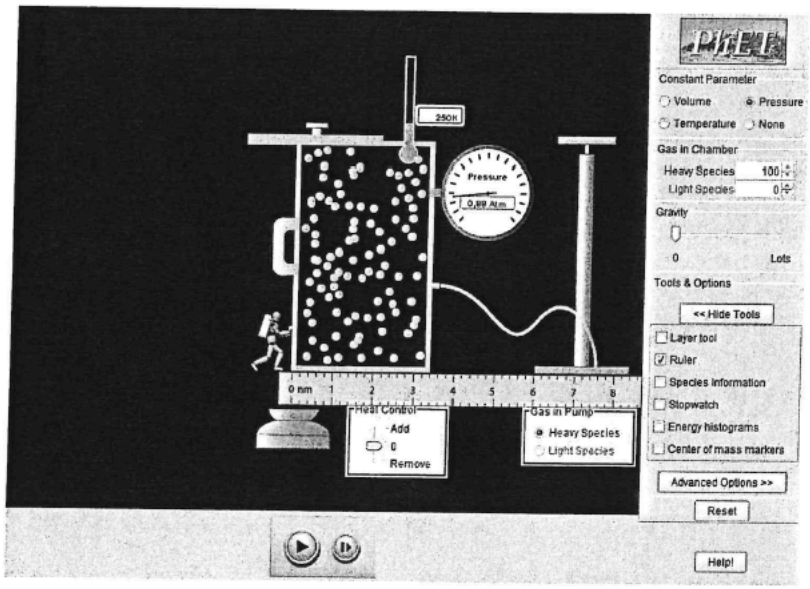
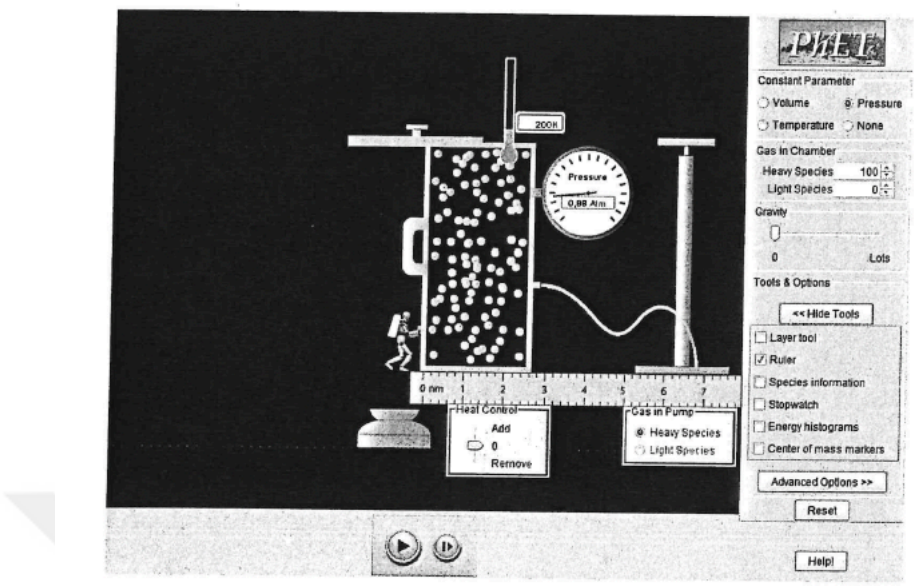


Figure D.8. Static group lesson 5's presentation slides (cont.).



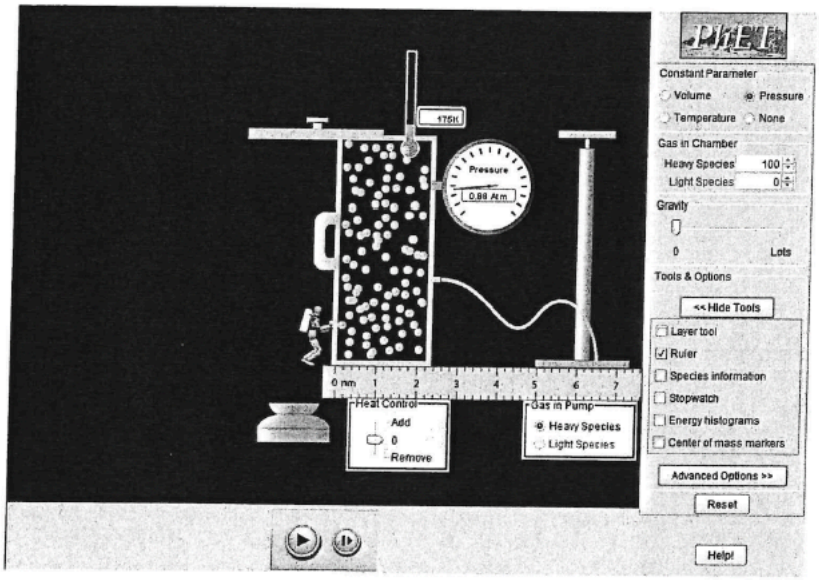


Figure D.8. Static group lesson 5's presentation slides (cont.).

DERS PLANI 6-Dinamik Çoklu Gösterimler Grubu

Genel Bilgiler	**Sınıf:** 9. sınıf **Konu:** Gaz yasaları **Ders süresi:** 80 dakika
Kazanımlar	Öğrenciler gazların sabit sıcaklıkta basınç-hacim ilişkisini inceler. Öğrenciler gazların sabit sıcaklıkta basınç-hacim ilişkisini keşfetmek üzere deney tasarlar. Öğrenciler verilere göre grafik çizimi yapar. Öğrenciler sabit sıcaklıkta gazın bulunduğu kabın hacmi değiştiğinde basıncın nasıl değiştiğini kinetik moleküler teori ile açıklar.
Materyaller	Etkinlik 1: İnternet erişimi olan bilgisayar Etkinlik 2: Mini-marshmallow (şekerleme), şırınga
Ders planı	**Giriş:** Öğrencilere Boyle yasasının sabit sıcaklıkta gaz basıncı ile hacim arasındaki ilişkiyi incelediği söylenir. (Yasanın ne olduğu bilgisi verilmez.) Etkinlik kâğıtları öğrencilere dağıtılarak, yapılacak etkinlik hakkında bilgi verilir. Öğrencilere Boyle yasasını bir simülasyon ile keşfedecekleri, ardından ise grupların bir başka deney daha gerçekleştirerek gözlemlerini açıklayacakları belirtilir. **Ders Akışı:** Öğrencilere *öncelikle sabit sıcaklıkta hacmi değiştirdiklerinde gaz basıncına ne olacağını düşündükleri* sorulur ve tahminlerini etkinlik kağıdına not almaları istenir. (Öğrencilerden cevaplarını bireysel olarak not almaları istenir ve grup tartışması yapılmamasına dikkat edilir.) Gruplara cevaplarını paylaşmaları için süre tanınır ve ardından öğrencilere sabit sıcaklıkta gaz basıncı ile hacim arasında nasıl bir ilişki olduğunu keşfetmeleri için bir deney tasarlamaları istendiği açıklanır. Öğrencilere bu deneyi çevrimiçi bir simülasyon ile gerçekleştirecekleri ve deneylerini bu doğrultuda tasarlamaları beklendiği belirtilir. (Öğrenciler bu deneyde http://phet.colorado.edu/simulations/ adresinde yer alan *Gaz Özellikleri* başlıklı simülasyonu kullanacaklardır. Deney tasarlama sürecinden önce öğrencilere simülasyona aşinalık kazanmaları açısından simülasyon tahtaya yansıtılarak özellikleri tanıtılır.) Öğrencilerden deney tasarlama sürecinde detaylı açıklamalarda bulunmaları, deney prosedürünü yazmaları, değişkenleri belirlemeleri istenmelidir. (Öğrenciler bağımlı değişken, bağımsız değişken ve sabit değişkenleri belirlerken problem yaşıyorlarsa, bağımlı değişkenin, bağımsız değişkenin ve sabit değişkenin tanımları sorularak ve/veya

Figure D.9. Lesson plans 6 and activity sheets.

	tanımları hatırlatılarak öğrencilerin bu değişkenleri belirlemeleri sağlanmalıdır. Tüm gruplara tasarladıkları deneyleri anlatmaları için fırsat verildikten sonra, tüm öğrencilerin kararıyla ortak bir deney prosedürü oluşturulur. Öğretmen tahtaya yansıtılmış simülasyonda belirlenen ortak deney prosedürünü uygular ve öğrencilerden gözlemlerini ve verilerini not etmeleri istenir. Öğrencilere etkinlik kâğıtlarında verilen tabloya verileri yazmaları istenir. Öğrenciler verileri kaydettikten sonra onlardan aynı tabloda değişkenler için okunan değerlerin çarpımını (k_1) ve değişkenler için okunan değerlerin bölümünü (k_2) ifade eden iki değeri her bir veri değeri için ayrı ayrı hesaplamaları istenir. Deneyin gerçekleştirilmesinin ardından öğrencilerden deney verileriyle gaz basıncı-hacim grafiğini çizmeleri istenir. (Öğrencilere bağımsız değişkeni x-ekseninde, bağımlı değişkeni y-ekseninde çizmelerinin istendiği belirtilmelidir.) Öğrencilerin çizimlerini tamamlamalarının ardından, grafik çizimini yorumlayarak *sabit sıcaklıkta gaz hacminin değiştirilmesinin gaz basıncını nasıl değiştirdiğine ilişkin bir sonuca ulaşmaları* istenmelidir. Bu aşamada her gruba ayrı ayrı söz vererek nasıl bir sonuç çıkardıklarını paylaşmaları istenmelidir. Ayrıca öğrencilerden bu açıklamalar esnasında *tahminleri ile gözlemleri arasında nasıl bir ilişki olduğunu* da paylaşmaları istenmelidir. Öğrencilerin açıklamalarını takiben gözlemledikleri durumun *moleküler seviyedeki açıklamalarını* yapmaları istenir ve sınıf tartışması aracılığıyla kendilerinin bir cevaba ulaşmaları sağlanır. Öğrencilerden simülasyonda sabit sıcaklıkta farklı hacimlerde gözlemlemiş oldukları gaz taneciklerinin davranışını tasvir etmeleri istenir. Tartışma esnasında öğrencilere şu sorular yöneltilir: *Hacim azaltıldığında gaz davranışı nasıl olur?* *Hacim arttırıldığında gaz davranışı nasıl olur?* *Hacim değişikliği gaz tanecikleri arasındaki mesafeyi nasıl etkilemektedir?* *Gaz basıncını nasıl tanımlarsınız? (Öğrencilerin gaz basıncını gaz tanecikleri ile ilişkilendirilmesi istenmektedir.)* *Tanecik seviyesinde düşünürsek, hacmin azaltılmasının gaz basıncına etkisi ne olur? Bu durumu hangi gaz davranışı ile ilişkilendirirsiniz?* *Tanecik seviyesinde düşünürsek, hacmin arttırılmasının gaz*

Figure D.9. Lesson plans 6 and activity sheets (cont.).

basıncına etkisi ne olur? Bu durumu hangi gaz davranışı ile ilişkilendirirsiniz?

Öğrencilerin açıklamalarından sonra simülasyon açılarak öğrencilere *gaz davranışının hacim azaltıldığında/arttırıldığında nasıl olduğu* soruları bir kez daha yöneltilir ve gruplardan kendi cümleleriyle tasvir etmeleri istenir.

Sonrasında öğrencilerden hesaplamış *oldukları* k_1 *ve* k_2 *değerlerinden hangisinin tutarlı olduğu* ve *bu tutarlı olmanın ne anlama geldiği* sorulur. Öğrencilerin tutarlı k değerini tespit etmesiyle beraber Boyle yasası için bir denklem yazmaları istenir. (Öğrencilerin zorlanması durumunda 3 adımlı bir denklemleştirme yapılmalıdır. Birinci gaz basıncı değeri ile birinci hacim değerinin çarpımının *k* değerine eşitlenmesi, ardından ikinci gaz basıncı değeri ile ikinci hacim değerinin *k* değerine eşitlenmesi ve son olarak eşit *k* değerlerinin $P_1 V_1 = P_2 V_2$ eşitliğini vermesi sağlanmalıdır.)

Boyle yasasının denklemleştirilmesinin ardından öğretmen yapılacak 2. etkinlik hakkında öğrencilere bilgi verir. Öğrencilere mini bir marshmallowu şırınganın içine koyacakları ve şırınganın ağzını sıkıca kapatarak pistonu ileri itecekleri söylenir. Öğrencilerden bu eylem sonrasında *marsmallowa ne olacağını tahmin etmeleri* ve cevaplarını bireysel olarak not almaları istenir. Grup tartışmasına geçmeden önce bu sefer *pistonun geriye çekilmesiyle marshmallowa ne olacağına ilişkin tahminlerini* ve gerekçelendirmeleri yazmaları istenir. Ardından grup içi tartışma yapmaları için süre tanınır. (Öğrencilere grup tartışma sırasında ya da sonrasında, daha önce not etmiş oldukları tahminlerini değiştirmemeleri gerektiği hatırlatılır.)

Bu sürenin sonunda gruplara düşüncelerini paylaşmaları için söz verilir ve deney malzemeleri gruplara dağıtılarak deneyi gerçekleştirmeleri ve gözlemlerini not etmeleri istenir. Ardından öğrencilere *pistonun aşağı ve yukarı hareket ettirilmesi sırasında gaz davranışının nasıl olduğunu/değiştiğini açıklamaları* istenir. Bu soruya sınıf tartışması aracılığıyla cevap aranırken öğretmen yönlendirici sorular sormalıdır.

Hacmi küçülttüğümde ne oluyor?

Gaz davranışı bu durumdan nasıl etkileniyor?

Tanecik seviyesinde ne oluyor ki biz durumu gözlemliyoruz?

Marshmallowun esnek olmasının sebebi nedir?

(Marshmallow hakkında bilgisi olmayan öğrenciler için sünger benzetmesi yapılarak içinde hava bulunan şekerleme olduğu bilgisi verilebilir.)

Figure D.9. Lesson plans 6 and activity sheets (cont.).

	Kapanış: Sınıf tartışmasının ardından öğrencilerden *sabit sıcaklıkta, hacim değişikliğinin gaz basıncını nasıl etkilediğini moleküler seviyede neden-sonuç ilişkisi içerisinde açıklamaları* istenir.
Ölçme ve Değerlendirme	Öğrencilerden dersin sonunda, yapılan etkinlikle ilgili bir günlük yazmaları istenir. Öğrencilerden günlüklerini yazarken etkinlikten önceki düşünceleriyle şimdiki düşünceleri arasında farklılık olup olmamasına ve görüşlerinin nasıl değiştiğine odaklanmaları, varsa yeni öğrendiği şeyleri açıklamaları ve ders esnasında zihinlerini karıştıran durumları tartışmaları istenir. Bu günlükler ise toplanarak ölçme/değerlendirme için kullanılır.

Figure D.9. Lesson plans 6 and activity sheets (cont.).

Rumuz: ..... Tarih: .....

Sınıf: .....

Boyle Yasası

Boyle yasası sabit sıcaklıkta basınç-hacim ilişkisini incelemektedir.

a) Sabit sıcaklıkta şayet gaz kabının hacmini değiştirirseniz, gaz basıncına ne olacağını düşünüyorsunuz? Lütfen tahmininizi yazarak kısaca nedenini açıklayınız.

.....

.....

.....

b) Gaz basıncı ile hacmi arasında nasıl bir ilişki olduğunu keşfetmek üzere, çevrimiçi bir simülasyon kullanarak bir deney tasarlamanız istenmektedir. (http://group.chem.iastate.edu/Greenbowe/sections/projectfolder/flashfiles/gaslaw/boyles_law_graph.html *sayfasına giderek uygulamayı açmalısınız*).

Lütfen deney prosedürünüzü detaylarıyla birlikte yazınız ve sizden istenen değişkenleri belirleyiniz.

.....

.....

.....

.....

.....

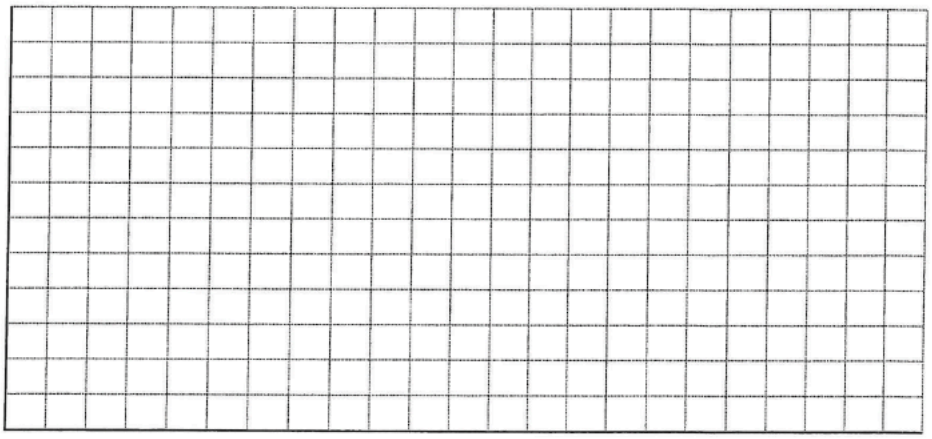
Bağımlı Değişken	Bağımsız Değişken	Sabit Değişken(ler)

c) Lütfen deneyinizi planladığınız biçimde gerçekleştiriniz ve verilerinizi aşağıdaki tabloya not ederek sizden istenen hesaplamaları yapınız.

Denemeler	Hacim (V)	Basınç (P)	Hesaplayınız $k_1 = (PxV)$	Hesaplayınız $k_2 = \frac{P}{V}$
1				
2				
3				
4				
5				
6				

Figure D.9. Lesson plans 6 and activity sheets (cont.).

d) Verilerinizi kullanarak Basınç-Hacim grafiğini çiziniz. Lütfen uygun ölçeklendirme yaparak, grafiği uygun biçimde isimlendiriniz. Verilerinize göre en uygun doğruyu çiziniz.



e) Verilerinizi ve çizdiğiniz grafiği göz önünde bulundurarak, sabit sıcaklıkta hacim değişimi gaz basıncını nasıl değiştirmektedir? Lütfen buna ilişkin sonucunuzu yazınız.

.....

.....

.....

f) Tahminleriniz ile sonuçlarınız aynı mı yoksa farklılık mı gösteriyor? Lütfen düşüncelerinizi tartışınız.

.....

.....

.....

g) Lütfen basınç-hacim ilişkisiyle ilgili vardığınız sonucu moleküler seviyede açıklayınız. Gaz taneciklerinin davranışı hacim değişiminden nasıl etkilenmektedir?

.....

.....

.....

.....

h) Hangi değer (k_1 ya da k_2) tutarlılığını korumaktadır? Bu tutarlılık ne anlama gelmektedir? Lütfen açıklayınız.

.....

.....

Figure D.9. Lesson plans 6 and activity sheets (cont.).

i) *Boyle yasası* için bir denklem oluşturunuz:

j) Mini bir marshmallow şırınganın içine yerleştirilmiştir.

1. Eğer şırınganın ağzını sıkıca kapatarak piston ileri itilirse, sizce mini-marshmallowa ne olur? Lütfen tahmininizi açıklayınız.

.....

.....

.....

2. Eğer şırınganın ağzı sıkıca kapatılarak piston geriye çekilirse sizce mini-marshmallowa ne olur? Lütfen tahmininizi açıklayınız.

.....

.....

.....

3. Lütfen anlatıldığı şekilde şırınganın ağzını sıkıca kapatarak pistonu hareket ettiriniz ve gözlemlerinizi yazınız.Gözlemleriniz ile tahminleriniz benzerlik mi gösteriyorlar yoksa farklılaşıyorlar mı? Bu durumu nasıl açıklıyorsunuz?

.....

.....

.....

.....

4. Lütfen şırınga içerisindeki gaz taneciklerinin piston ileri itildiğinde ve piston geriye çekildiğinde nasıl davrandığını açıklayınız. (**Not**: *Açıklamalarınızda maddenin tanecikli yapısını göz önünde bulundurunuz.*)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Figure D.9. Lesson plans 6 and activity sheets (cont.).

Rumuz: ..... Tarih: .....

Sınıf: .....

Yansıtıcı Öğrenme Günlüğü 6

A. Boyle yasası ile ilgili gerçekleştirdiğiniz etkinlik öncesindeki düşünceleriniz ile şimdiki düşünceleriniz nasıl farklılaşıyor? Yeni öğrendiğiniz şeyler nelerdir? Ders esnasında aklınızı karıştıran durumlar oldu mu? Lütfen düşüncelerinizin yapılan etkinlik esnasında nasıl değiştiğini açıklayan bir günlük yazınız.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Figure D.9. Lesson plans 6 and activity sheets (cont.).

DERS PLANI 6-Statik Çoklu Gösterimler Grubu

Genel Bilgiler	**Sınıf:** 9. sınıf **Konu:** Gaz yasaları **Ders süresi:** 80 dakika
Kazanımlar	Öğrenciler gazların sabit sıcaklıkta basınç-hacim ilişkisini inceler. Öğrenciler gazların sabit sıcaklıkta basınç-hacim ilişkisini keşfetmek üzere deney tasarlar. Öğrenciler verilere göre grafik çizimi yapar. Öğrenciler sabit sıcaklıkta gazın bulunduğu kabın hacmi değiştiğinde basıncın nasıl değiştiğini kinetik moleküler teori ile açıklar.
Materyaller	Etkinlik 1: İnternet erişimi olan bilgisayar Etkinlik 2: Mini-marshmallow (şekerleme), şırınga
Ders planı	**Giriş:** Öğrencilere Boyle yasasının sabit sıcaklıkta gaz basıncı ile hacim arasındaki ilişkiyi incelediği söylenir. (Yasanın ne olduğu bilgisi verilmez.) Etkinlik kâğıtları öğrencilere dağıtılarak, yapılacak etkinlik hakkında bilgi verilir. Öğrencilere Boyle yasasını bir simülasyon ile keşfedecekleri, ardından ise grupların bir başka deney daha gerçekleştirerek gözlemlerini açıklayacakları belirtilir. **Ders Akışı:** Öğrencilere *öncelikle sabit sıcaklıkta hacmi değiştirdiklerinde gaz basıncına ne olacağını düşündükleri* sorulur ve tahminlerini etkinlik kâğıtlarına not almaları istenir. (Öğrencilerden cevaplarını bireysel olarak not almaları istenir ve grup tartışması yapılmamasına dikkat edilir.) Gruplara cevaplarını paylaşmaları için süre tanınır ve ardından öğrencilere sabit sıcaklıkta gaz basıncı ile hacim arasında nasıl bir ilişki olduğunu keşfetmeleri için bir deney tasarlamaları istendiği açıklanır. Öğrencilere bu deneyi çevrimiçi bir simülasyon ile gerçekleştirecekleri ve deneylerini bu doğrultuda tasarlamaları beklendiği belirtilir. (Öğrenciler bu deneyde http://group.chem.iastate.edu/Greenbowe/sections/projectfolder/flashfiles/gaslaw/boyles_law_graph.html adresinde yer alan simülasyonu kullanacaklardır. Deney tasarlama sürecinden önce öğrencilere simülasyona aşinalık kazanmaları açısından simülasyon tahtaya yansıtılarak özellikleri tanıtılır.) Öğrencilerden deney tasarlama sürecinde detaylı açıklamalarda

Figure D.9. Lesson plans 6 and activity sheets (cont.).

	bulunmaları, deney prosedürünü yazmaları, değişkenleri belirlemeleri istenmelidir. (Öğrenciler bağımlı değişken, bağımsız değişken ve sabit değişkenleri belirlerken problem yaşıyorlarsa, bağımlı değişkenin, bağımsız değişkenin ve sabit değişkenin tanımları sorularak ve/veya tanımları hatırlatarak öğrencilerin bu değişkenleri belirlemeleri sağlanmalıdır.) Tüm gruplara tasarladıkları deneyleri anlatmaları için fırsat verildikten sonra, tüm öğrencilerin kararıyla ortak bir deney prosedürü oluşturulur. Öğretmen tahtaya yansıtılmış simülasyonda belirlenen ortak deney prosedürünü uygular ve öğrencilerden gözlemlerini ve verilerini not etmeleri istenir. Öğrencilere etkinlik kâğıtlarında verilen tabloya verileri yazmaları istenir. Öğrenciler verileri kaydettikten sonra onlardan aynı tabloda değişkenler için okunan değerlerin çarpımını (k_1) ve değişkenler için okunan değerlerin bölümünü (k_2) ifade eden iki değeri her bir veri değeri için ayrı ayrı hesaplamaları istenir. Deneyin gerçekleştirilmesinin ardından öğrencilerden deney verileriyle basınç-hacim grafiğini çizmeleri istenir. (Öğrencilere bağımsız değişkeni x-ekseninde, bağımlı değişkeni y-ekseninde çizmelerinin istendiği belirtilmelidir.) Öğrencilerin çizimlerini tamamlamalarının ardından, grafik çizimini yorumlayarak *sabit sıcaklıkta gaz hacminin değiştirilmesinin gaz basıncını nasıl değiştirdiğine ilişkin bir sonuca ulaşmaları* istenmelidir. Bu aşamada her gruba ayrı ayrı söz vererek nasıl bir sonuç çıkardıklarını paylaşmaları istenmelidir. Ayrıca öğrencilerden bu açıklamalar esnasında *tahminleri ile gözlemleri arasında nasıl bir ilişki olduğunu* da paylaşmaları istenmelidir. Öğrencilerin açıklamalarını takiben gözlemledikleri durumun *moleküler seviyedeki açıklamalarını* yapmaları istenir ve sınıf tartışması aracılığıyla kendilerinin bir cevaba ulaşmaları sağlanır. Tartışma esnasında öğrencilere şu sorular yöneltilir: *Hacim azaltıldığında gaz davranışı nasıl olur?* *Hacim arttırıldığında gaz davranışı nasıl olur?* *Hacim değişikliği gaz tanecikleri arasındaki mesafeyi nasıl etkilemektedir?* *Gaz basıncını nasıl tanımlarsınız? (Öğrencilerin gaz basıncını gaz tanecikleri ile ilişkilendirilmesi istenmektedir.)* *Tanecik seviyesinde düşünürsek, hacmin azaltılmasının gaz basıncına etkisi ne olur? Bu durumu hangi gaz davranışı ile*

Figure D.9. Lesson plans 6 and activity sheets (cont.).

ilişkilendirirsiniz?

Tanecik seviyesinde düşünürsek, hacmin arttırılmasının gaz basıncına etkisi ne olur? Bu durumu hangi gaz davranışı ile ilişkilendirirsiniz?

Öğrencilerin açıklamalarının ardından, gaz taneciklerinin davranışının farklı hacimlerde nasıl olduğuna ilişkin simülasyon ekran görüntüleri öğrencilere sunulur ve *gaz davranışının hacim azaltıldığında/arttırıldığında nasıl olduğu* soruları yeniden yöneltilir. (Simülasyona ait ekran görüntüleri Ek1'de verilmiştir.)

Sonrasında öğrencilerden hesaplamış *oldukları k1 ve* k_2 *değerlerinden hangisinin tutarlı olduğu* ve *bu tutarlı olmanın ne anlama geldiği* sorulur. Öğrencilerin tutarlı k değerini tespit etmesiyle beraber Boyle yasası için bir denklem yazmaları istenir. (Öğrencilerin zorlanması durumunda 3 adımlı bir denklemleştirme yapılmalıdır. Birinci gaz basıncı değeri ile birinci hacim değerinin çarpımının *k* değerine eşitlenmesi, ardından ikinci gaz basıncı değeri ile ikinci hacim değerinin *k* değerine eşitlenmesi ve son olarak eşit *k* değerlerinin $P_1 V_1 = P_2 V_2$ eşitliğini vermesi sağlanmalıdır.)

Boyle yasasının denklemleştirilmesinin ardından öğretmen yapılacak 2. etkinlik hakkında öğrencilere bilgi verir. Öğrencilere mini bir marshmallowu şırınganın içine koyacakları ve şırınganın ağzını sıkıca kapatarak pistonu ileri itecekleri söylenir. Öğrencilerden bu eylem sonrasında *marsmallowa ne olacağını tahmin etmeleri* ve cevaplarını bireysel olarak not almaları istenir. Grup tartışmasına geçmeden önce bu sefer *pistonun geriye çekilmesiyle marshmallowa ne olacağına ilişkin tahminlerini* ve gerekçelendirmeleri yazmaları istenir. Ardından grup içi tartışma yapmaları için süre tanınır. (Öğrencilere grup tartışma sırasında ya da sonrasında, daha önce not etmiş oldukları tahminlerini değiştirmemeleri gerektiği hatırlatılır.)

Bu sürenin sonunda gruplara düşüncelerini paylaşmaları için söz verilir ve deney malzemeleri gruplara dağıtılarak deneyi gerçekleştirmeleri ve gözlemlerini not etmeleri istenir. Ardından öğrencilere *pistonun aşağı ve yukarı hareket ettirilmesi sırasında gaz davranışının nasıl olduğunu/değiştiğini açıklamaları* istenir. Bu soruya sınıf tartışması aracılığıyla cevap aranırken öğretmen yönlendirici sorular sormalıdır.

Hacmi küçülttüğümde ne oluyor?

Gaz davranışı bu durumdan nasıl etkileniyor?

Tanecik seviyesinde ne oluyorda biz durumu gözlemliyoruz?

Figure D.9. Lesson plans 6 and activity sheets (cont.).

	(Marshmallow hakkında bilgisi olmayan öğrenciler için sünger benzetmesi yapılarak içinde hava bulunan şekerleme olduğu bilgisi verilebilir.) **Kapanış:** Sınıf tartışmasının ardından öğrencilerden *sabit sıcaklıkta, hacim değişikliğinin gaz basıncını nasıl etkilediğini moleküler seviyede neden-sonuç ilişkisi içerisinde açıklamaları* istenir.
Ölçme ve Değerlendirme	Öğrencilerden dersin sonunda, yapılan etkinlikle ilgili bir günlük yazmaları istenir. Öğrencilerden günlüklerini yazarken etkinlikten önceki düşünceleriyle şimdiki düşünceleri arasında farklılık olup olmamasına ve görüşlerinin nasıl değiştiğine odaklanmaları, varsa yeni öğrendiği şeyleri açıklamaları ve ders esnasında zihinlerini karıştıran durumları tartışmaları istenir. Bu günlükler ise toplanarak ölçme/değerlendirme için olarak kullanılır.

Figure D.9. Lesson plans 6 and activity sheets (cont.).

Rumuz: ..... Tarih: .....

Sınıf: .....

Boyle Yasası

Boyle yasası sabit sıcaklıkta basınç-hacim ilişkisini incelemektedir.

a) Sabit sıcaklıkta şayet gaz kabının hacmini değiştirirseniz, gaz basıncına ne olacağını düşünüyorsunuz? Lütfen tahmininizi yazarak kısaca nedenini açıklayınız.

.....

.....

.....

b) Gaz basıncı ile hacmi arasında nasıl bir ilişki olduğunu keşfetmek üzere, çevrimiçi bir simülasyon kullanarak bir deney tasarlamanız istenmektedir.
(Not: *http://phet.colorado.edu/simulations/ sayfasına giderek, Kimya alanına tıkladığınızda açılan simülasyonlardan "Gazların özellikleri" başlıklı olan uygulamayı açmalısınız*).

Lütfen deney prosedürünüzü detaylarıyla birlikte yazınız ve sizden istenen değişkenleri belirleyiniz.

.....

.....

.....

.....

.....

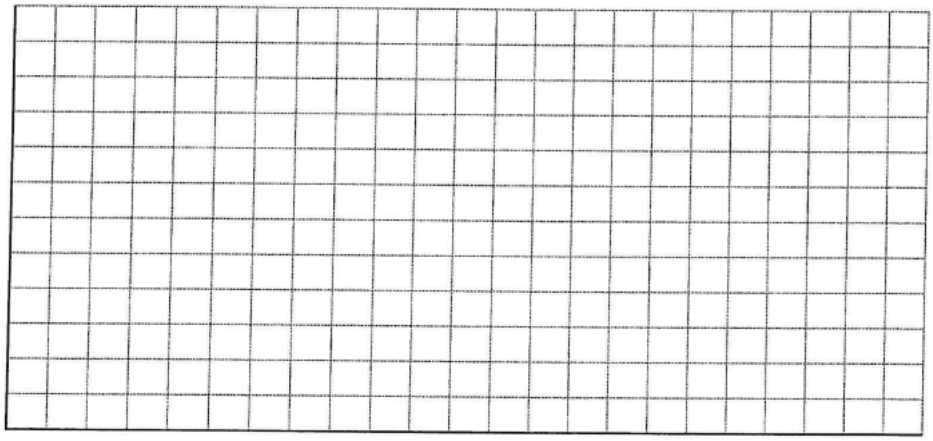
Bağımlı Değişken	Bağımsız Değişken	Sabit Değişken(ler)

c) Lütfen deneyinizi planladığınız biçimde gerçekleştiriniz ve verilerinizi aşağıdaki tabloya not ederek sizden istenen hesaplamaları yapınız.

Denemeler	Hacim (V)	Basınç (P)	Hesaplayınız $k_1 = (PxV)$	Hesaplayınız $k_2 = \frac{P}{V}$
1				
2				
3				
4				
5				
6				

Figure D.9. Lesson plans 6 and activity sheets (cont.).

d) Verilerinizi kullanarak Basınç-Hacim grafiğini çiziniz. Lütfen uygun ölçeklendirme yaparak, grafiği uygun biçimde isimlendiriniz. Verilerinize göre en uygun doğruyu çiziniz.



e) Verilerinizi ve çizdiğiniz grafiği göz önünde bulundurarak, sabit sıcaklıkta hacim değişimi gaz basıncını nasıl değiştirmektedir? Lütfen buna ilişkin sonucunuzu yazınız.

.....

.....

.....

f) Tahminleriniz ile sonuçlarınız aynı mı yoksa farklılık mı gösteriyor? Lütfen düşüncelerinizi tartışınız.

.....

.....

.....

g) Lütfen basınç-hacim ilişkisiyle ilgili vardığınız sonucu moleküler seviyede açıklayınız. Gaz taneciklerinin davranışı hacim değişiminden nasıl etkilenmektedir?

.....

.....

.....

.....

h) Hangi değer (k_1 ya da k_2) tutarlılığını korumaktadır? Bu tutarlılık ne anlama gelmektedir? Lütfen açıklayınız.

.....

.....

Figure D.9. Lesson plans 6 and activity sheets (cont.).

i) *Boyle yasası* için bir denklem oluşturunuz:

j) Mini bir marshmallow şırınganın içine yerleştirilmiştir.

1. Eğer şırınganın ağzını sıkıca kapatarak piston ileri itilirse, sizce mini-marshmallowa ne olur? Lütfen tahmininizi açıklayınız.

.....

.....

.....

2. Eğer şırınganın ağzı sıkıca kapatılarak piston geriye çekilirse sizce mini-marshmallowa ne olur? Lütfen tahmininizi açıklayınız.

.....

.....

.....

3. Lütfen anlatıldığı şekilde şırınganın ağzını sıkıca kapatarak pistonu hareket ettiriniz ve gözlemlerinizi yazınız. Gözlemleriniz ile tahminleriniz benzerlik mi gösteriyorlar yoksa farklılaşıyorlar mı? Bu durumu nasıl açıklıyorsunuz?

.....

.....

.....

.....

4. Lütfen şırınga içerisindeki gaz taneciklerinin piston ileri itildiğinde ve piston geriye çekildiğinde nasıl davrandığını açıklayınız. (**Not**: *Açıklamalarınızda maddenin tanecikli yapısını göz önünde bulundurunuz.*)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Figure D.9. Lesson plans 6 and activity sheets (cont.).

Rumuz: ..... Tarih: .....

Sınıf: .....

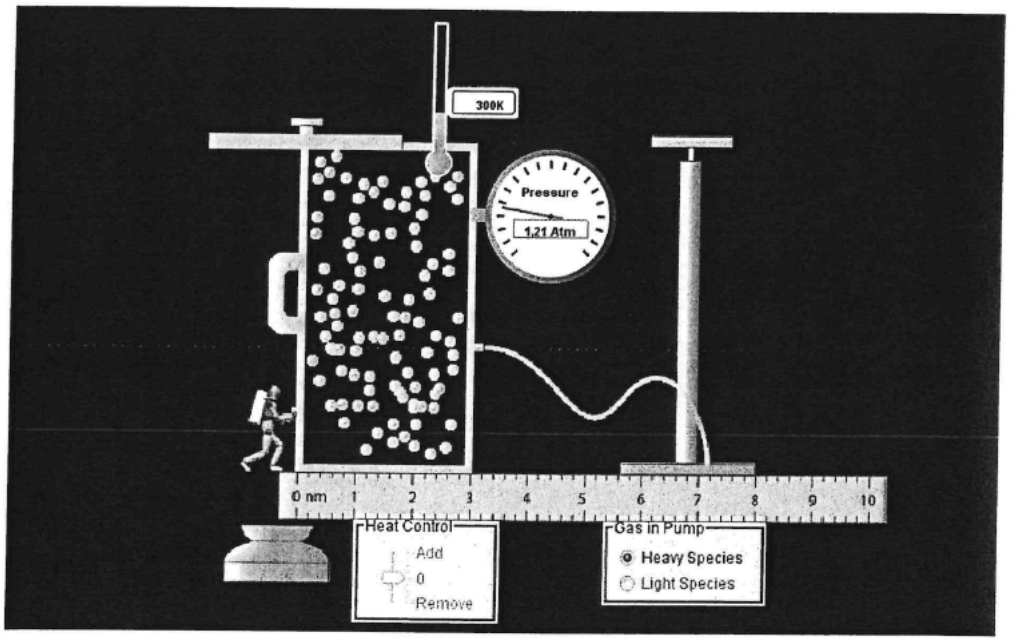
Yansıtıcı Öğrenme Günlüğü 6

A. Boyle yasası ile ilgili gerçekleştirdiğiniz etkinlik öncesindeki düşünceleriniz ile şimdiki düşünceleriniz nasıl farklılaşıyor? Yeni öğrendiğiniz şeyler nelerdir? Ders esnasında aklınızı karıştıran durumlar oldu mu? Lütfen düşüncelerinizin yapılan etkinlik esnasında nasıl değiştiğini açıklayan bir günlük yazınız.

Figure D.9. Lesson plans 6 and activity sheets (cont.).

EK 1 :

Hacim artışı



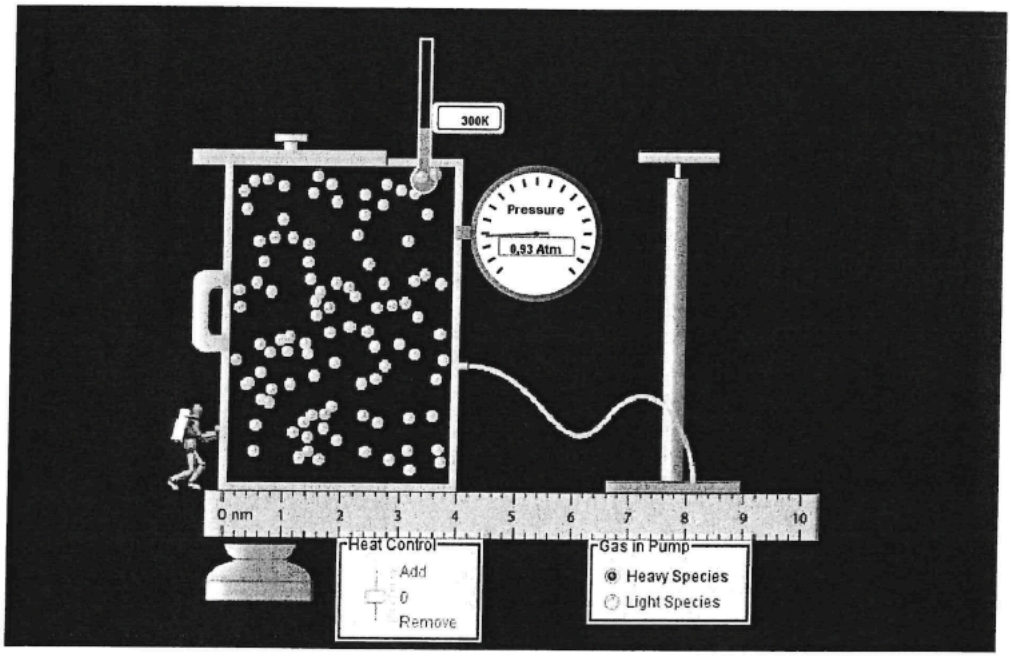


Figure D.10. Static group lesson 6's presentation slides.

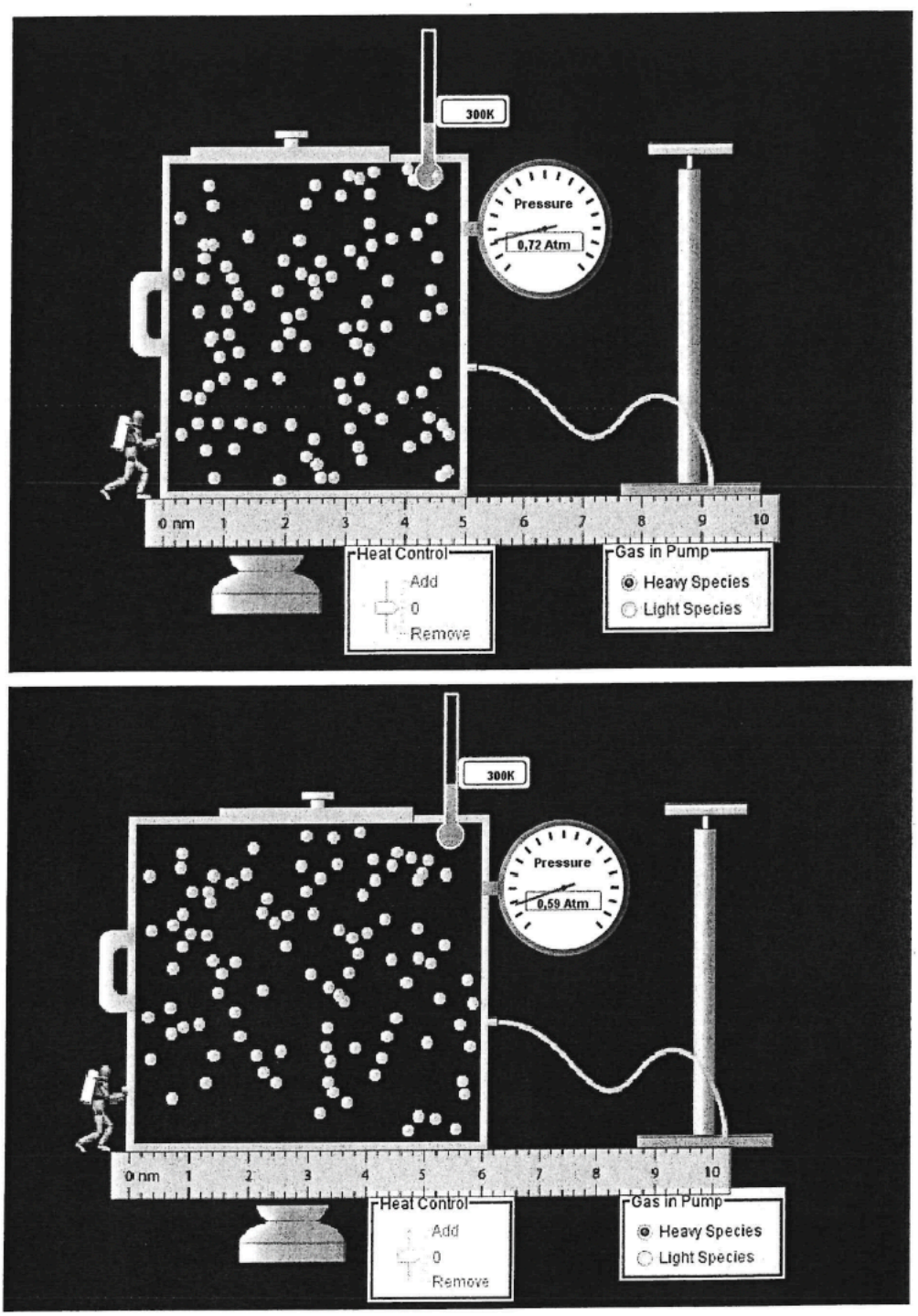


Figure D.10. Static group lesson 6's presentation slides (cont.).

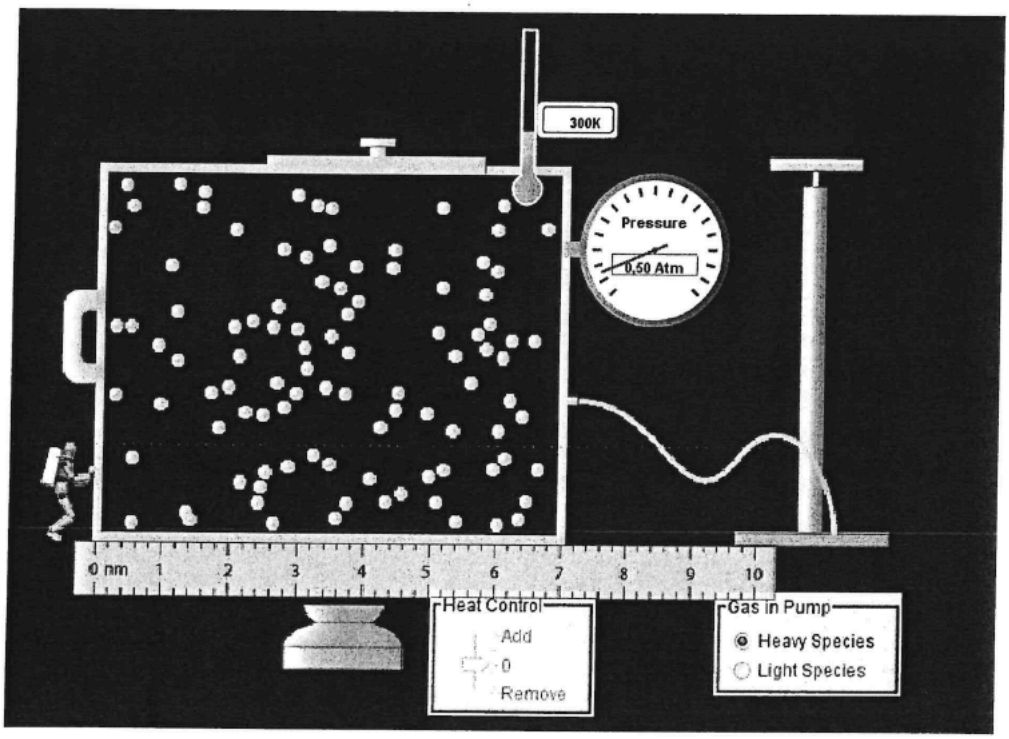


Figure D.10. Static group lesson 6's presentation slides (cont.).

Hacim azalması

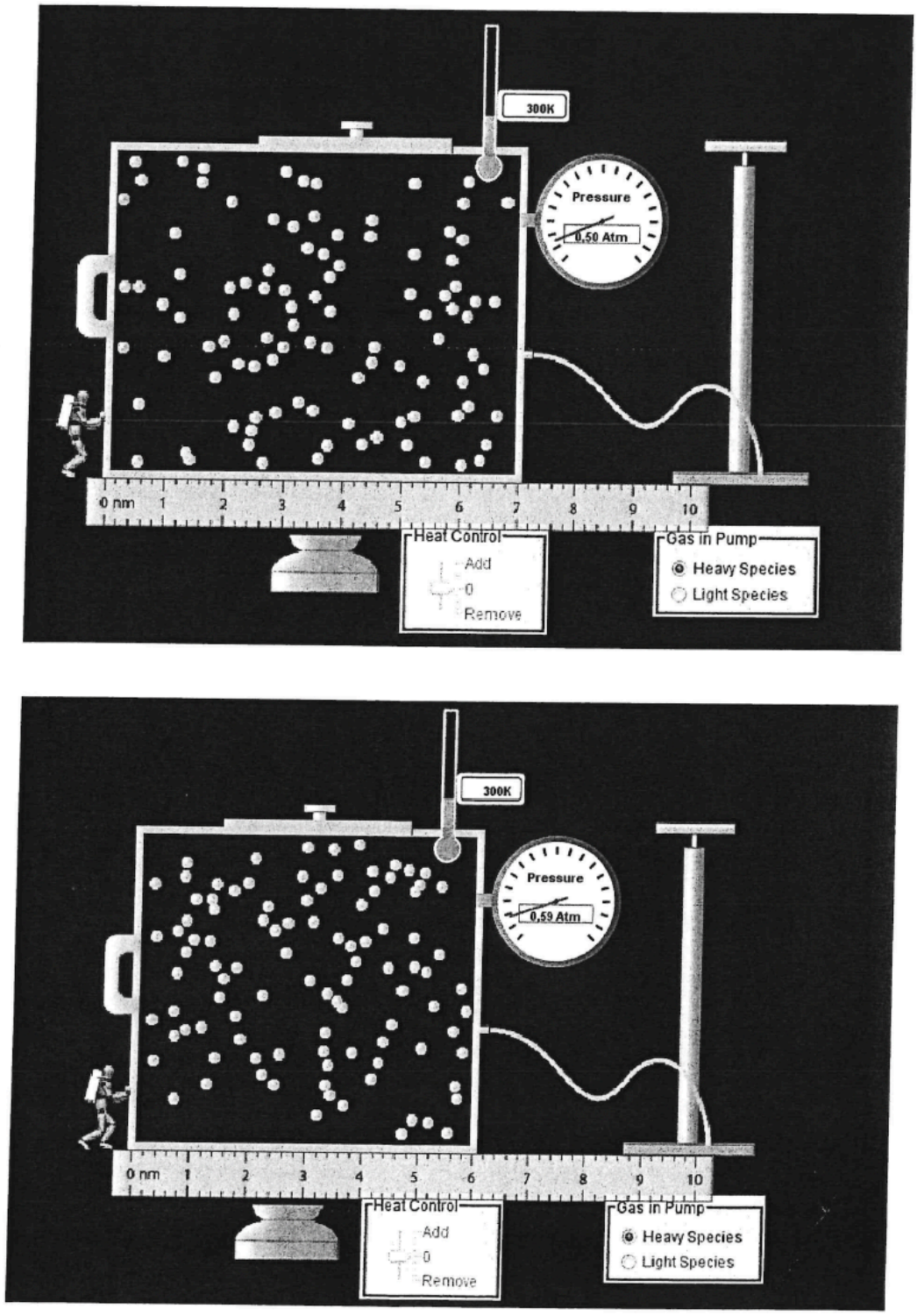
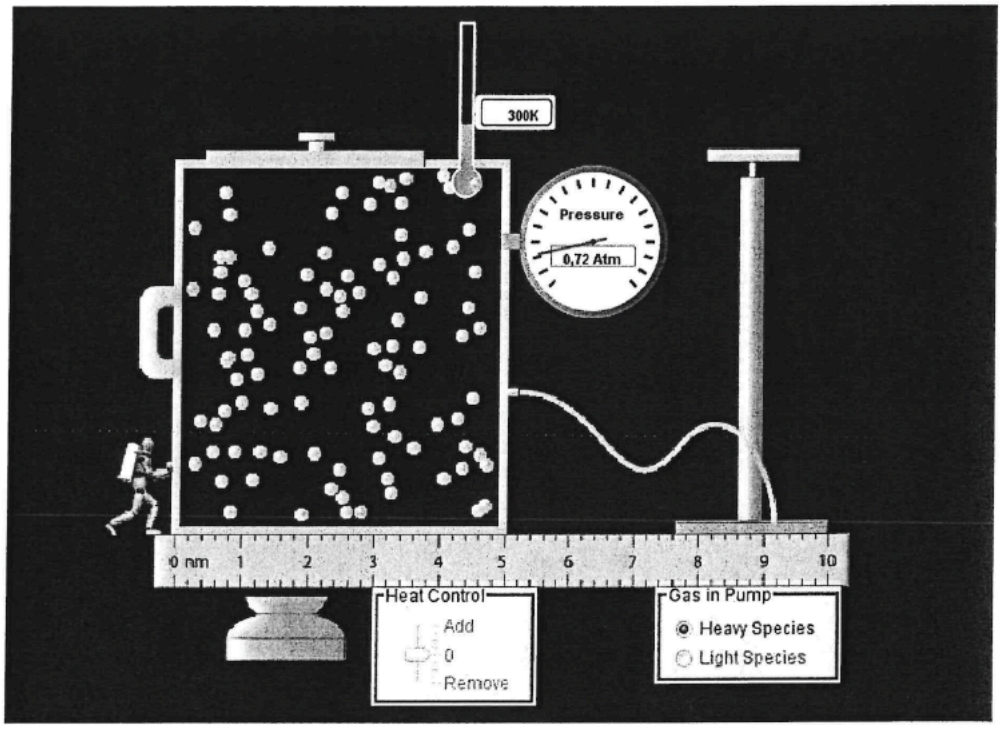


Figure D.10. Static group lesson 6's presentation slides (cont.).



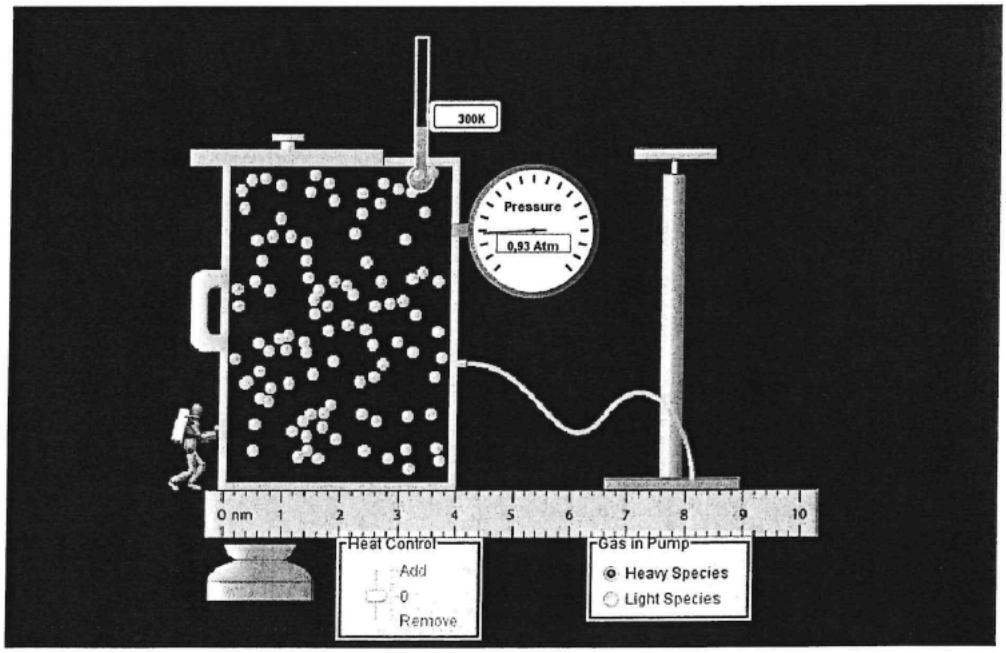


Figure D.10. Static group lesson 6's presentation slides (cont.).

DERS PLANI 7-Dinamik Çoklu Gösterimler Grubu

Genel Bilgiler	**Sınıf:** 9. sınıf **Konu:** Gaz yasaları **Ders süresi:** 80 dakika
Kazanımlar	Öğrenciler gazların sabit basınçta sıcaklık-hacim ilişkisini inceler. Öğrenciler gazların sabit basınçta sıcaklık-hacim ilişkisini keşfetmek üzere deney tasarlar. Öğrenciler verilere göre grafik çizimi yapar. Öğrenciler sabit basınçta gazın sıcaklığı değiştiğinde gazın bulunduğu kabın hacminin nasıl değiştiğini kinetik moleküler teori ile açıklar.
Materyaller	Etkinlik 1: İnternet erişimi olan bilgisayar Etkinlik 2: Pinpon topu, beher, ısıtıcı, su
Ders planı	**Giriş:** Öğrencilere Charles yasasının sabit basınçta gazın sıcaklığı ile hacmi arasındaki ilişkiyi incelediği söylenir. (Yasanın ne olduğu bilgisi verilmez.) Etkinlik kâğıtları öğrencilere dağıtılarak, yapılacak etkinlik hakkında bilgi verilir. Öğrencilere Charles yasasını keşfetmek üzere bir deney tasarlayacakları, ardından ise bir başka deney daha gerçekleştirerek gözlemlerini açıklayacakları belirtilir. **Ders Akışı:** Öğrencilere öncelikle sabit basınçta *sıcaklığı değiştirdiklerinde gaz hacmine ne olacağını düşündükleri* sorulur ve tahminlerini etkinlik kağıtlarına not almaları istenir. (Öğrencilerden cevaplarını bireysel olarak not almaları istenir ve grup tartışması yapılmamasına dikkat edilir.) Sonrasında öğrencilerden sabit basınçta gazın sıcaklığı ile hacmi arasında nasıl bir ilişki olduğunu keşfetmeleri için bir deney tasarlamaları istendiği açıklanır. Öğrencilere bu deneyi cam şırınga, ısıtıcı, termometre, şırınganın ucunu kapamak için aparat ve buz ile gerçekleştirecek olsalardı nasıl bir deney tasarlayacakları sorulur ve öğrencilerden deney tasarlama sürecinde detaylı açıklamalarda bulunmaları, deney prosedürünü yazmaları, değişkenleri belirlemeleri istenmelidir. (Öğrencilere bağımlı değişken, bağımsız değişken ve sabit değişkenleri belirlerken problem yaşıyorlarsa, bağımlı değişkenin, bağımsız değişkenin ve sabit değişkenin tanımları sorularak ve/veya tanımları hatırlatarak öğrencilerin bu değişkenleri belirlenmeleri sağlanmalıdır.)

Figure D.11. Lesson plans 7 and activity sheets.

Tüm gruplara tasarladıklarını deneyleri anlatmaları için fırsat verildikten sonra, tüm öğrencilerin kararıyla ortak bir deney prosedürü oluşturulur. (Öğrencilerden beklenen deney prosedürü "şırıngaya belli miktar hava doldurulup, şırınganın ağzının dikkatlice kapatılması ve daha sonra içi hava dolu şırınganın farklı sıcaklıklardaki su banyolarına daldırılıp pistonun dengesinin sağlanması ve son olarak şırıngadaki gazın son hacminin okunması" şeklindedir.)

Sonrasında ise öğrencilere mevcut materyallerin bulunmaması nedeniyle deneyi çevrimiçi bir simülasyon ile gerçekleştirecekleri belirtilir. (Öğrenciler bu deneyde *http://group.chem.iastate.edu/Greenbowe/sections/projectfolder/flashfiles/gaslaw/charles_law.html* adresinde yer alan simülasyonu kullanılacaktır.)

Öğretmen tahtaya yansıtılmış simülasyonda belirlenen ortak deney prosedürünü uygular ve öğrencilerden gözlemlerini ve verilerini not etmeleri istenir.

(Simülasyon sıcaklık değeri olarak Kelvin birimini kullanmaktadır. Öğrencilere Celcius kullanmış olsalar dahi önce $273° + C° = K°$ eşitliğinden birim çevirmesi yapmaları gerektiği vurgulanmalıdır.)

Öğrencilere etkinlik kâğıtlarında verilen tabloya verileri yazmaları istenir. Öğrenciler verileri kaydettikten sonra onlardan aynı tabloda değişkenler için okunan değerlerin çarpımını (k_1) ve değişkenler için okunan değerlerin bölümünü (k_2) ifade eden iki değeri her bir veri değeri için ayrı ayrı hesaplamaları istenir.

Deneyin gerçekleştirilmesinin ardından öğrencilerden deney verileriyle sıcaklık-hacim grafiği çizmeleri istenir. (Öğrencilere bağımsız değişkeni x-ekseninde, bağımlı değişkeni y-ekseninde çizmelerinin istendiği belirtilmelidir.)

Öğrencilerin grafik çizimlerini tamamlamalarının ardından, grafik çizimini *yorumlayarak sabit basınçta gazın sıcaklığının değiştirilmesinin gaz hacmini nasıl değiştirdiğine ilişkin bir sonuca ulaşmaları* istenmelidir. Bu aşamada her gruba ayrı ayrı söz vererek nasıl bir sonuç çıkardıklarını paylaşmaları istenmelidir. Ayrıca öğrencilerden bu açıklamalar esnasında *tahminleri ile gözlemleri arasında nasıl bir ilişki olduğunu* da paylaşmaları istenmelidir.

Öğrencilerin sabit basınçta hacim-sıcaklık ilişkisine dair buldukları sonucu *moleküler seviyede açıklamaları* istenir. Öğrencilerden simülasyonda sabit basınçta farklı sıcaklıklarda gözlemlemiş oldukları gaz taneciklerinin davranışını tasvir etmeleri istenir. Soruya sınıf tartışması esnasında cevap aranırken öğretmen

Figure D.11. Lesson plans 7 and activity sheets (cont.).

yönlendirici sorular sormalıdır.

Sıcaklığı arttırdığımda gaz tanecikleri nasıl davranıyor olur?

Artan sıcaklıkla gaz davranışı nasıl değişir tasvir ediniz.

Tanecik seviyesinde ne oluyor ki sıcaklık artınca hacim de artıyor?

Öğrencilerin sınıf tartışmasıyla bazı açıklamalarda bulunmalarının ardından https://phet.colorado.edu/tr/simulation/gas-properties adresinde bulunan "Gazların Özellikleri" başlıklı simülasyon ile öğrencilerin moleküler düzey açıklamalarının üzerinden geçilerek gaz davranışının sıcaklık ile nasıl değiştiği *gaz davranışı sıcaklık artınca ve azalınca nasıl olur sorusuyla* bir kez daha incelenir.

Sonrasında öğrencilerden hesaplamış oldukları k_1 ve k_2 değerlerinden hangisinin tutarlı olduğu ve *bu tutarlılığın ne anlama geldiği* sorulur. Öğrencilerin tutarlı k değerinin tespit etmesiyle beraber Charles yasası için bir denklem yazmaları istenir. (Öğrencilerin zorlanması durumunda 3 adımlı bir denklemleştirme yapılmalıdır. Birinci hacim değeri ile birinci sıcaklık değerinin bölümünün *k* değerine eşitlenmesi, ardından ikinci hacim değeri ile ikinci sıcaklık değerinin *k* değerine eşitlenmesi ve son olarak eşit *k* değerlerinin

$V_1 / T_1 = V_2 / T_2$ eşitliğini vermesi sağlanmalıdır.)

(Simülasyon sıcaklık değeri olarak Kelvin birimini kullanmaktadır. Öğrencilere Celcius kullanmış olsalar dahi önce

$273° + C° = K°$ eşitliğinden birim çevirmesi yapmaları gerektiği vurgulanmalıdır.)

Charles yasasının denklemleştirilmesinin ardından yapılacak 2. etkinlik hakkında öğrencilere bilgi verilir. Öğrencilere ezilmiş bir pinpon topunu 1 dakika boyunca kaynayan suda bekletecekleri ve gözlemlerini açıklayacakları ifade edilir. Öğrencilerden öncelikle *pinpon topuna ne olacağına ilişkin tahminde* bulunmaları ve cevaplarını bireysel olarak etkinlik kağıtlarına not almaları istenir. (Öğrencilere grup tartışması sırasında ya da sonrasında veya deney gözlemi neticesinde, daha önce not etmiş oldukları tahminlerini değiştirmemeleri gerektiği hatırlatılır.) Gruplara etkinliği anlatıldığı üzere gerçekleştirmeleri ve gözlem yapmaları için süre tanınır.

Deneyi tamamlamalarının ardından öğrencilerden *pinpon topunun kaynayan suya atılmasından sonra gaz davranışının nasıl olduğunu neden-sonuç ilişkisi içerisinde açıklamaları* istenir. Öğrencilere grup içi tartışma yapabilmeleri için süre tanınır ve grupların görüşlerinin dinlenmesiyle sınıf tartışmasına zemin oluşturulur.

Figure D.11. Lesson plans 7 and activity sheets (cont.).

	Soruya sınıf tartışması aracılığıyla cevap aranırken öğretmen yönlendirici sorular sormalıdır. *Sıcaklığı arttırdığımda gaz tanecikleri nasıl davranıyor?* *Artan sıcaklıkla gaz davranışı nasıl değişir tasvir ediniz.* *Tanecik seviyesinde ne oluyor ki sıcaklık artınca hacim de artıyor?* **Kapanış:** Öğrencilere son *olarak gece dışarıda unutulan bir futbol topuna ne olacağı ve bu durumu gaz davranışını göz önünde bulundurarak nasıl açıklayabilecekleri* sorusu yöneltilir. Farklı öğrencilere -özellikle görüşlerini paylaşan öğrencilerden farklı düşündüğünü ifade edenlere- söz hakkı verilerek sınıf tartışması ile ders sonlandırılarak öğrencilerden yansıtıcı günlüklerini yazmaları istenir.
Ölçme ve Değerlendirme	Öğrencilerden dersin sonunda, yapılan etkinlikle ilgili bir günlük yazmaları istenir. Öğrencilerden günlüklerini yazarken etkinlikten önceki düşünceleriyle şimdiki düşünceleri arasında farklılık olup olmamasına ve görüşlerinin nasıl değiştiğine odaklanmaları, varsa yeni öğrendiği şeyleri açıklamaları ve ders esnasında zihinlerini karıştıran durumları tartışmaları istenir. Bu günlükler ise toplanarak ölçme/değerlendirme için kullanılır.

Figure D.11. Lesson plans 7 and activity sheets (cont.).

Rumuz: ..... Tarih: .....

Sınıf: .....

Charles Yasası

Charles yasası gazların sabit basınçta sıcaklık ile hacim arasındaki ilişkiyi incelemektedir.

a) Belirli bir basınçta, gazın sıcaklığı değiştirilirse gazın hacmine ne olacağını düşünüyorsunuz? Lütfen tahmininizi yazınız ve kısaca nedenini açıklayınız.

.....

.....

.....

b) Gaz sıcaklığı ile gaz hacmi arasında nasıl bir ilişki bulunduğunu keşfetmek üzere bir deney tasarlamanız istenmektedir. Deney malzemeleri 50 mL'lik cam şırınga, ısıtıcı, buz, şırınganın ağzını kapamak için aparat, beher, termometre şeklindedir.
Lütfen deney prosedürünüzü açıkça yazınız ve sizden istenen değişkenleri belirleyiniz.

.....

.....

.....

.....

.....

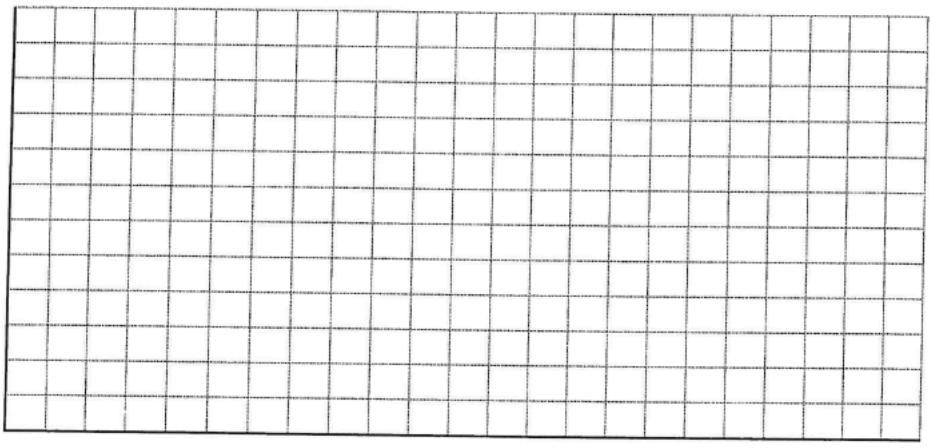
Bağımlı Değişken	Bağımsız Değişken	Sabit Değişken(ler)

c) Lütfen deneyinizi planladığınız biçimde gerçekleştiriniz ve verilerinizi aşağıdaki tabloya not ederek sizden istenen hesaplamaları yapınız.

Denemeler	Sıcaklık (T)	Hacim (V)	Hesaplayınız $k_1 = (VxT)$	Hesaplayınız $k_2 = V / T$
1				
2				
3				
4				
5				
6				

Figure D.11. Lesson plans 7 and activity sheets (cont.).

d) Verilerinizi kullanarak Sıcaklık-Hacim grafiğini çiziniz. Lütfen uygun ölçeklendirme yaparak, grafiği uygun biçimde isimlendiriniz. Verilerinize göre en uygun doğruyu çiziniz.



e) Verilerinizi ve çizdiğiniz grafiği göz önünde bulundurarak, sabit basınçta sıcaklık değişimi gaz hacmini nasıl değiştirmektedir? Buna ilişkin sonucunuzu yazınız.

.....

.....

.....

f) Tahminleriniz ile sonuçlarınız aynı mı yoksa farklılık mı gösteriyor? Lütfen yazarak açıklayınız.

.....

.....

.....

g) Lütfen sıcaklık-hacim ilişkisiyle ilgili vardığınız sonucu moleküler seviyede açıklayınız. Gaz taneciklerinin davranışı sıcaklık değişiminden nasıl etkilendiğine açıklamalarınızda yer vermelisiniz.

.....

.....

.....

.....

.....

h) Hangi değer (k_1 ya da k_2) tutarlılığını korumaktadır? Bu tutarlılık ne anlama gelmektedir? Lütfen açıklayınız.

.....

Figure D.11. Lesson plans 7 and activity sheets (cont.).

i) ***Charles yasası*** için bir denklem oluşturunuz:

j) Ezilmiş bir pinpon topu kaynayan suyun içerisine atılarak 1 dakika boyunca bekleniyor. Pinpon topuna ne olacağını düşünüyorsunuz? Lütfen tahminizi yazınız.

.....

.....

.....

k) Lütfen ezilmiş pinpon topunu kaynayan suda 1 dakika boyunca bekletiniz ve gözlemlerinizi yazınız.

.....

.....

.....

l) Tahminleriniz ile gözlemleriniz benzeşiyor mu yoksa farklılık mı gösteriyor? Lütfen yazarak açıklayınız.

.....

.....

.....

m) Pinpon topu kaynayan suya atıldıktan sonra, gaz taneciklerinin davranışını tasvir ediniz.

.....

.....

.....

.....

.....

n) Futbol topunuzu soğuk bir kış akşamında dışarıda unuttuğunuzu ve topun bütün gece boyunca dışarıda kaldığını düşününüz. Sizce futbol topuna ne olacaktır? Futbol topundaki gaz taneciklerinin davranışı, top dışarıda unutulduğunda nasıl olur? (**Not:***Açıklamalarınızda maddenin tanecikli yapısını göz önünde bulundurunuz.*)

.....

.....

.....

.....

Figure D.11. Lesson plans 7 and activity sheets (cont.).

Rumuz: ..... Tarih: .....

Sınıf: .....

Yansıtıcı Öğrenme Günlüğü 7

A. Charles yasası ile ilgili gerçekleştirdiğiniz etkinlik öncesindeki düşünceleriniz ile şimdiki düşünceleriniz nasıl farklılaşıyor? Yeni öğrendiğiniz şeyler nelerdir? Ders esnasında aklınızı karıştıran durumlar oldu mu? Lütfen düşüncelerinizin yapılan etkinlik esnasında nasıl değiştiğini açıklayan bir günlük yazınız.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Figure D.11. Lesson plans 7 and activity sheets (cont.).

DERS PLANI 7-Statik Çoklu Gösterimler Grubu

Genel Bilgiler	**Sınıf:** 9. sınıf **Konu:** Gaz yasaları **Ders süresi:** 80 dakika
Kazanımlar	Öğrenciler gazların sabit basınçta sıcaklık-hacim ilişkisini inceler. Öğrenciler gazların sabit basınçta sıcaklık-hacim ilişkisini keşfetmek üzere deney tasarlar. Öğrenciler verilere göre grafik çizimi yapar. Öğrenciler sabit basınçta gazın sıcaklığı değiştiğinde gazın bulunduğu kabın hacminin nasıl değiştiğini kinetik moleküler teori ile açıklar.
Materyaller	Etkinlik 1: İnternet erişimi olan bilgisayar Etkinlik 2: Pinpon topu, beher, ısıtıcı, su
Ders planı	**Giriş:** Öğrencilere Charles yasasının sabit basınçta gazın sıcaklığı ile hacmi arasındaki ilişkiyi incelediği söylenir. (Yasanın ne olduğu bilgisi verilmez.) Etkinlik kâğıtları öğrencilere dağıtılarak, yapılacak etkinlik hakkında bilgi verilir. Öğrencilere Charles yasasını keşfetmek üzere bir deney tasarlayacakları, ardından ise bir başka deney daha gerçekleştirerek gözlemlerini açıklayacakları belirtilir. **Ders Akışı:** Öğrencilere öncelikle sabit basınçta *sıcaklığı değiştirdiklerinde gaz hacmine ne olacağını düşündükleri* sorulur ve tahminlerini etkinlik kâğıtlarına not almaları istenir. (Öğrencilerden cevaplarını bireysel olarak not almaları istenir ve grup tartışması yapılmamasına dikkat edilir.) Sonrasında öğrencilerden sabit basınçta gazın sıcaklığı ile hacmi arasında nasıl bir ilişki olduğunu keşfetmeleri için bir deney tasarlamaları istendiği açıklanır. Öğrencilere bu deneyi cam şırınga, ısıtıcı, termometre, şırınganın ucunu kapamak için aparat ve buz ile gerçekleştirecek olsalardı nasıl bir deney tasarlayacakları sorulur ve öğrencilerden deney tasarlama sürecinde detaylı açıklamalarda bulunmaları, deney prosedürünü yazmaları, değişkenleri belirlemeleri istenmelidir. (Öğrencilere bağımlı değişken, bağımsız değişken ve sabit değişkenleri belirlerken problem yaşıyorlarsa, bağımlı değişkenin, bağımsız değişkenin ve sabit değişkenin tanımları sorularak ve/veya tanımları hatırlatarak öğrencilerin bu değişkenleri belirlenmeleri sağlanmalıdır.)

Figure D.11. Lesson plans 7 and activity sheets (cont.).

	Tüm gruplara tasarladıklarını deneyleri anlatmaları için fırsat verildikten sonra, tüm öğrencilerin kararıyla ortak bir deney prosedürü oluşturulur. (Öğrencilerden beklenen deney prosedürü "şırıngaya belli miktar hava doldurulup, şırınganın ağzının dikkatlice kapatılması ve daha sonra içi hava dolu şırınganın farklı sıcaklıklardaki su banyolarına daldırılıp pistonun dengesinin sağlanması ve son olarak şırıngadaki gazın son hacminin okunması" şeklindedir.) Sonrasında ise öğrencilere mevcut materyallerin bulunmaması nedeniyle deneyi çevrimiçi bir simülasyon ile gerçekleştirecekleri belirtilir. (Öğrenciler bu deneyde *http://group.chem.iastate.edu/Greenbowe/sections/projectfolder/flashfiles/gaslaw/charles_law.html* adresinde yer alan simülasyonu kullanacaklardır. Deney tasarlama sürecinden önce öğrencilere simülasyona aşinalık kazanmaları açısından simülasyon tahtaya yansıtılarak özellikleri tanıtılır.) Öğretmen tahtaya yansıtılmış simülasyonda belirlenen ortak deney prosedürünü uygular ve öğrencilerden gözlemlerini ve verilerini not etmeleri istenir. (Simülasyon sıcaklık değeri olarak Kelvin birimini kullanmaktadır. Öğrencilere Celcius kullanmış olsalar dahi önce $273° + C° = K°$ eşitliğinden birim çevirmesi yapmaları gerektiği vurgulanmalıdır.) Öğrencilere etkinlik kâğıtlarında verilen tabloya verileri yazmaları istenir. Öğrenciler verileri kaydettikten sonra onlardan aynı tabloda değişkenler için okunan değerlerin çarpımını (k_1) ve değişkenler için okunan değerlerin bölümünü (k_2) ifade eden iki değeri her bir veri değeri için ayrı ayrı hesaplamaları istenir. Deneyin gerçekleştirilmesinin ardından öğrencilerden deney verileriyle sıcaklık-hacim grafiği çizmeleri istenir. (Öğrencilere bağımsız değişkeni x-ekseninde, bağımlı değişkeni y-ekseninde çizmelerinin istendiği belirtilmelidir.) Öğrencilerin grafik çizimlerini tamamlamalarının ardından, grafik çizimini *yorumlayarak sabit basınçta gazın sıcaklığının değiştirilmesinin gaz hacmini nasıl değiştirdiğine ilişkin bir sonuca ulaşmaları* istenmelidir. Bu aşamada her gruba ayrı ayrı söz vererek nasıl bir sonuç çıkardıklarını paylaşmaları istenmelidir. Ayrıca öğrencilerden bu açıklamalar esnasında *tahminleri ile gözlemleri arasında nasıl bir ilişki olduğunu* da anlatmaları istenmelidir. Öğrencilerin sabit basınçta hacim-sıcaklık ilişkisine dair buldukları sonucu *moleküler seviyede açıklamaları* istenir. Bu soruya

Figure D.11. Lesson plans 7 and activity sheets (cont.).

sınıf tartışması esnasında cevap aranırken öğretmen yönlendirici sorular sormalıdır.

Sıcaklığı arttırdığımda gaz tanecikleri nasıl davranıyor olur?

Artan sıcaklıkla gaz davranışı nasıl değişir tasvir ediniz.

Tanecik seviyesinde ne oluyor ki sıcaklık artınca hacim de artıyor?

Öğrencilerin moleküler seviyedeki açıklamalarının ardından simülasyon ekran görüntüleri öğrencilere sunularak *sıcaklığın gaz davranışını nasıl etkilediği, bu davranış değişikliğinin hacimi nasıl etkilediği* sorular yöneltilir. (Simülasyon ekran görüntüleri Ek1'de verilmiştir.)

Sonrasında öğrencilerden hesaplamış oldukları k_1 ve k_2 değerlerinden hangisinin tutarlı olduğu ve *bu tutarlılığın ne anlama geldiği* sorulur. Öğrencilerin tutarlı k değerinin tespit etmesiyle beraber Charles yasası için bir denklem yazmaları istenir. (Öğrencilerin zorlanması durumunda 3 adımlı bir denklemleştirme yapılmalıdır. Birinci hacim değeri ile birinci sıcaklık değerinin bölümünün *k* değerine eşitlenmesi, ardından ikinci hacim değeri ile ikinci sıcaklık değerinin *k* değerine eşitlenmesi ve son olarak eşit *k* değerlerinin

$V_1 / T_1 = V_2 / T_2$ eşitliğini vermesi sağlanmalıdır.)

Charles yasasının denklemleştirilmesinin ardından yapılacak 2. etkinlik hakkında öğrencilere bilgi verilir. Öğrencilere ezilmiş bir pinpon topunu 1 dakika boyunca kaynayan suda bekletecekleri ve gözlemlerini açıklayacakları ifade edilir. Öğrencilerden öncelikle *pinpon topuna ne olacağına ilişkin tahminde* bulunmaları ve cevaplarını bireysel olarak etkinlik kâğıtlarına not almaları istenir. (Öğrencilere grup tartışması sırasında ya da sonrasında veya deney gözlemi neticesinde, daha önce not etmiş oldukları tahminlerini değiştirmemeleri gerektiği hatırlatılır.) Gruplara etkinliği anlatıldığı üzere gerçekleştirmeleri ve gözlem yapmaları için süre tanınır.

Deneyi tamamlamalarının ardından öğrencilerden *pinpon topunun kaynayan suya atılmasından sonra gaz davranışının nasıl olduğunu neden-sonuç ilişkisi içerisinde açıklamaları* istenir. Öğrencilere grup içi tartışma yapabilmeleri için süre tanınır ve grupların görüşlerinin dinlenmesiyle sınıf tartışmasına zemin oluşturulur.

Soruya sınıf tartışması aracılığıyla cevap aranırken öğretmen yönlendirici sorular sormalıdır.

Sıcaklığı arttırdığımda gaz tanecikleri nasıl davranıyor?

Artan sıcaklıkla gaz davranışı nasıl değişir tasvir ediniz.

Figure D.11. Lesson plans 7 and activity sheets (cont.).

	Tanecik seviyesinde ne oluyor ki sıcaklık artınca hacim de artıyor? **Kapanış:** Öğrencilere son *olarak gece dışarıda unutulan bir futbol topuna ne olacağı ve bu durumu gaz davranışını göz önünde bulundurarak nasıl açıklayabilecekleri* sorusu yöneltilir. Farklı öğrencilere -özellikle görüşlerini paylaşan öğrencilerden farklı düşündüğünü ifade edenlere- söz hakkı verilerek sınıf tartışması ile ders sonlandırılarak öğrencilerden yansıtıcı günlüklerini yazmaları istenir.
Ölçme ve Değerlendirme	Öğrencilerden dersin sonunda, yapılan etkinlikle ilgili bir günlük yazmaları istenir. Öğrencilerden günlüklerini yazarken etkinlikten önceki düşünceleriyle şimdiki düşünceleri arasında farklılık olup olmamasına ve görüşlerinin nasıl değiştiğine odaklanmaları, varsa yeni öğrendiği şeyleri açıklamaları ve ders esnasında zihinlerini karıştıran durumları tartışmaları istenir. Bu günlükler ise toplanarak ölçme/değerlendirme için kullanılır.

Figure D.11. Lesson plans 7 and activity sheets (cont.).

Rumuz: ..... Tarih: .....

Sınıf: .....

Charles Yasası

Charles yasası gazların sabit basınçta sıcaklık ile hacim arasındaki ilişkiyi incelemektedir.

a) Belirli bir basınçta, gazın sıcaklığı değiştirilirse gazın hacmine ne olacağını düşünüyorsunuz? Lütfen tahmininizi yazınız ve kısaca nedenini açıklayınız.

.....

.....

.....

b) Gaz sıcaklığı ile gaz hacmi arasında nasıl bir ilişki bulunduğunu keşfetmek üzere bir deney tasarlamanız istenmektedir. Deney malzemeleri 50 mL'lik cam şırınga, ısıtıcı, buz, şırınganın ağzını kapamak için aparat, beher, termometre şeklindedir.
Lütfen deney prosedürünüzü açıkça yazınız ve sizden istenen değişkenleri belirleyiniz.

.....

.....

.....

.....

.....

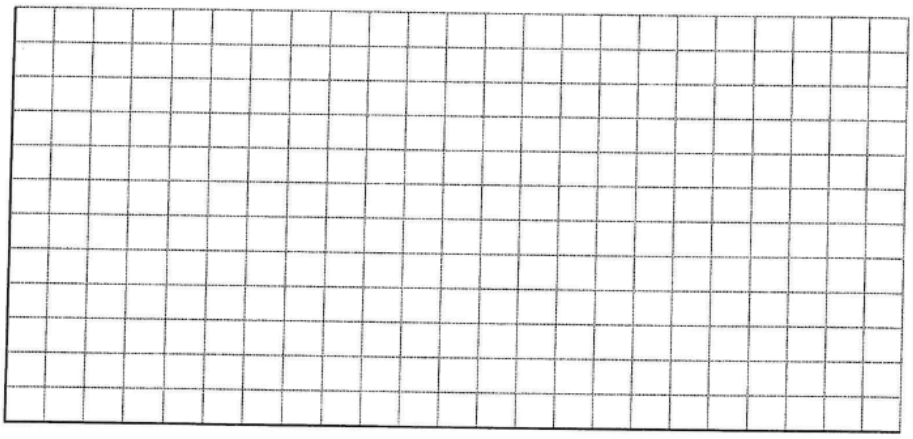
Bağımlı Değişken	Bağımsız Değişken	Sabit Değişken(ler)

c) Lütfen deneyinizi planladığınız biçimde gerçekleştiriniz ve verilerinizi aşağıdaki tabloya not ederek sizden istenen hesaplamaları yapınız.

Denemeler	Sıcaklık (T)	Hacim (V)	Hesaplayınız $k_1 = (VxT)$	Hesaplayınız $k_2 = V / T$
1				
2				
3				
4				
5				
6				

Figure D.11. Lesson plans 7 and activity sheets (cont.).

d) Verilerinizi kullanarak Sıcaklık-Hacim grafiğini çiziniz. Lütfen uygun ölçeklendirme yaparak, grafiği uygun biçimde isimlendiriniz. Verilerinize göre en uygun doğruyu çiziniz.



e) Verilerinizi ve çizdiğiniz grafiği göz önünde bulundurarak, sabit basınçta sıcaklık değişimi gaz hacmini nasıl değiştirmektedir? Buna ilişkin sonucunuzu yazınız.

.....

.....

.....

f) Tahminleriniz ile sonuçlarınız aynı mı yoksa farklılık mı gösteriyor? Lütfen yazarak açıklayınız.

.....

.....

.....

g) Lütfen sıcaklık-hacim ilişkisiyle ilgili vardığınız sonucu moleküler seviyede açıklayınız. Gaz taneciklerinin davranışı sıcaklık değişiminden nasıl etkilendiğine açıklamalarınızda yer vermelisiniz.

.....

.....

.....

.....

.....

h) Hangi değer (k_1 ya da k_2) tutarlılığını korumaktadır? Bu tutarlılık ne anlama gelmektedir? Lütfen açıklayınız.

.....

Figure D.11. Lesson plans 7 and activity sheets (cont.).

i) ***Charles yasası*** için bir denklem oluşturunuz:

j) Ezilmiş bir pinpon topu kaynayan suyun içerisine atılarak 1 dakika boyunca bekleniyor. Pinpon topuna ne olacağını düşünüyorsunuz? Lütfen tahminizi yazınız.

.....

.....

.....

k) Lütfen ezilmiş pinpon topunu kaynayan suda 1 dakika boyunca bekletiniz ve gözlemlerinizi yazınız.

.....

.....

.....

l) Tahminleriniz ile gözlemleriniz benzeşiyor mu yoksa farklılık mı gösteriyor? Lütfen yazarak açıklayınız.

.....

.....

.....

m) Pinpon topu kaynayan suya atıldıktan sonra, gaz taneciklerinin davranışını tasvir ediniz.

.....

.....

.....

.....

.....

n) Futbol topunuzu soğuk bir kış akşamında dışarıda unuttuğunuzu ve topun bütün gece boyunca dışarıda kaldığını düşününüz. Sizce futbol topuna ne olacaktır? Futbol topundaki gaz taneciklerinin davranışı, top dışarıda unutulduğunda nasıl olur? (**Not:***Açıklamalarınızda maddenin tanecikli yapısını göz önünde bulundurunuz.*)

.....

.....

.....

.....

Figure D.11. Lesson plans 7 and activity sheets (cont.).

Rumuz: ..... Tarih: .....

Sınıf: .....

Yansıtıcı Öğrenme Günlüğü 7

A. Charles yasası ile ilgili gerçekleştirdiğiniz etkinlik öncesindeki düşünceleriniz ile şimdiki düşünceleriniz nasıl farklılaşıyor? Yeni öğrendiğiniz şeyler nelerdir? Ders esnasında aklınızı karıştıran durumlar oldu mu? Lütfen düşüncelerinizin yapılan etkinlik esnasında nasıl değiştiğini açıklayan bir günlük yazınız.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Figure D.11. Lesson plans 7 and activity sheets (cont.).

EK 1 :

Sıcaklık artışı

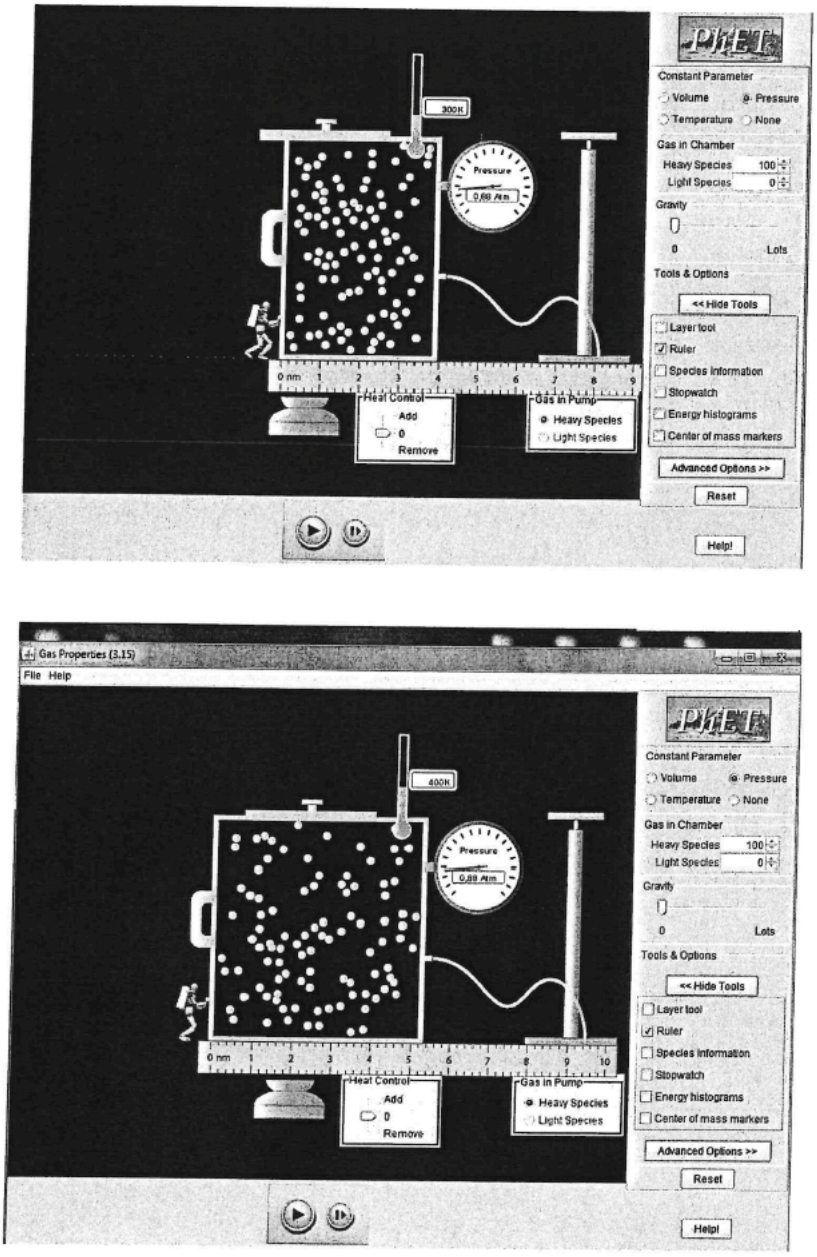


Figure D.12. Static group lesson 7's presentation slides.

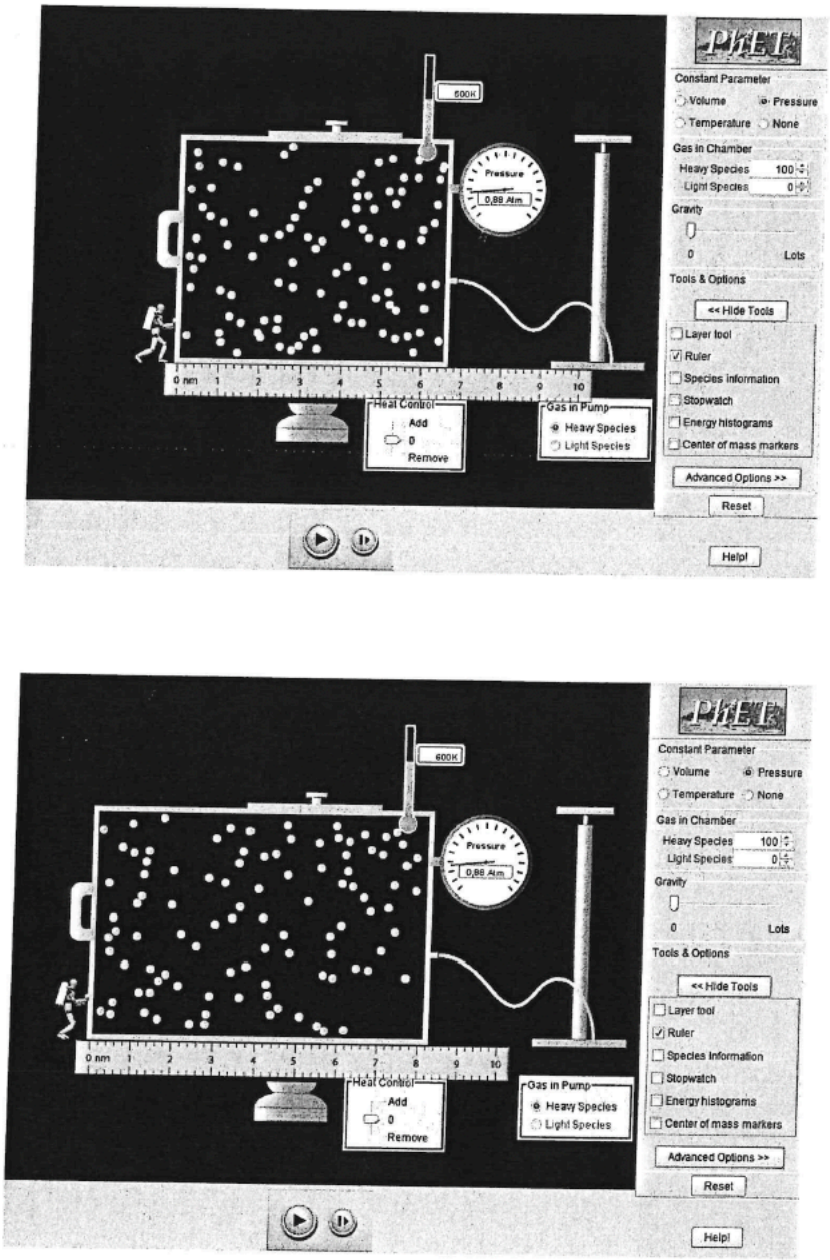
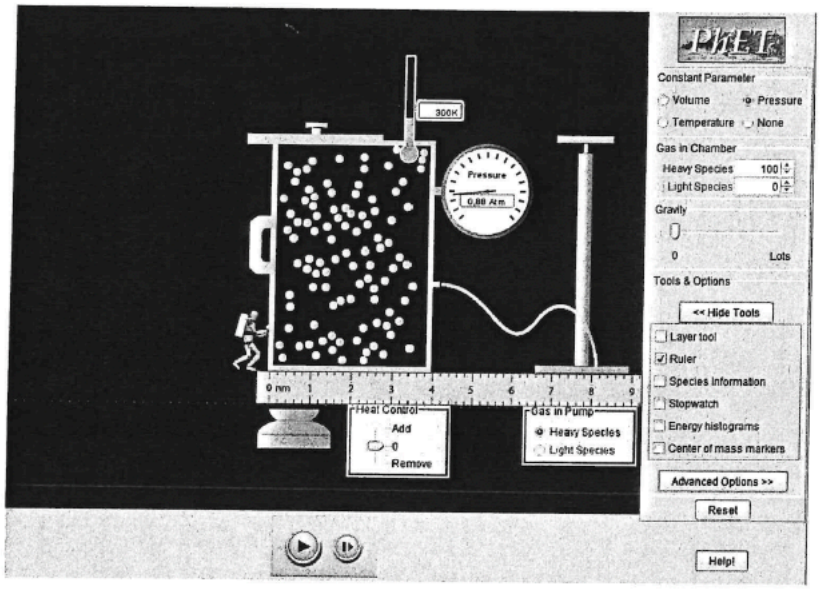


Figure D.12. Static group lesson 7's presentation slides (cont.).

Sıcaklığın Azaltılması



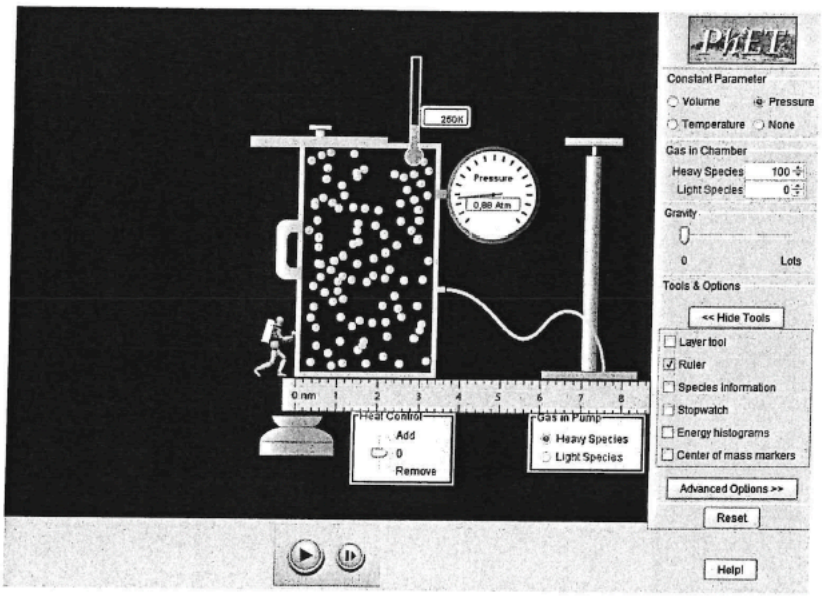


Figure D.12. Static group lesson 7's presentation slides (cont.).

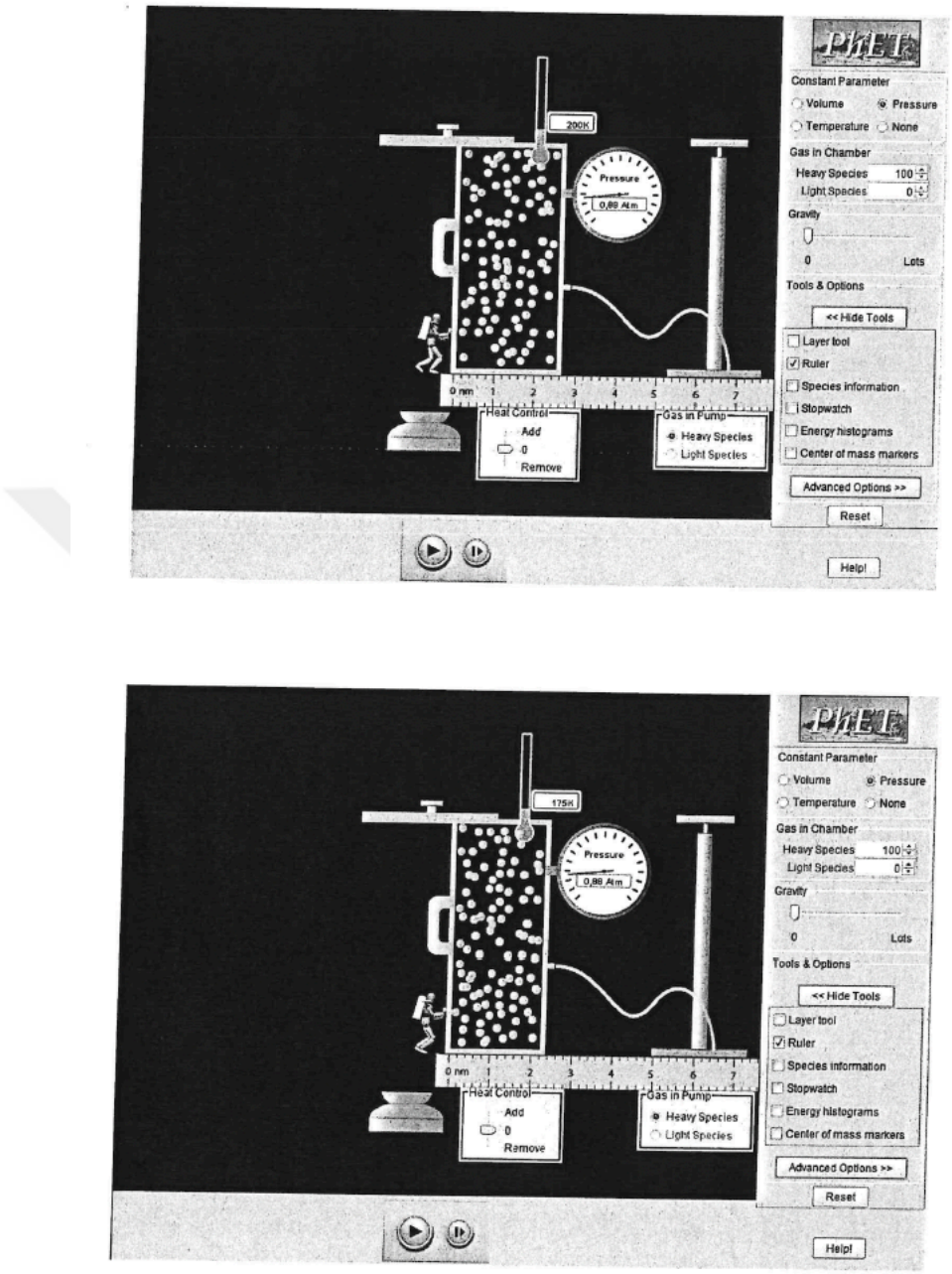


Figure D.12. Static group lesson 7's presentation slides (cont.).

DERS PLANI 8-Dinamik Çoklu Gösterimler Grubu

Genel Bilgiler	**Sınıf:** 9. sınıf **Konu:** Gaz yasaları **Ders süresi:** 80 dakika
Kazanımlar	Öğrenciler gazların sabit hacimde sıcaklık-basınç ilişkisini inceler. Öğrenciler gazların sabit hacimde sıcaklık-basınç ilişkisini keşfetmek üzere deney tasarlar. Öğrenciler verilere göre grafik çizimi yapar. Öğrenciler sabit hacimde gazın sıcaklığı değiştiğinde gazın basıncının nasıl değiştiğini kinetik moleküler teori ile açıklar.
Materyaller	İnternet erişimi olan bilgisayar
Ders planı	**Giriş:** Öğrencilere Gay-Lussac yasasının sabit hacimde gaz basıncı ile sıcaklığı arasındaki ilişkiyi incelediği söylenir. (Yasanın ne olduğu bilgisi verilmez.) Etkinlik kâğıtları öğrencilere dağıtılarak, yapılacak etkinlik hakkında bilgi verilir. Öğrencilere Gay-Lussac yasasını bir simülasyon ile keşfedecekleri belirtilir. **Ders Akışı:** Öğrencilere öncelikle *sabit basınçta sıcaklığı değiştirdiklerinde gaz basıncına ne olacağını düşündükleri* sorulur ve tahminlerini etkinlik kağıtlarına not almaları istenir. (Öğrencilerden cevaplarını bireysel olarak not almaları istenir ve grup tartışması yapılmamasına dikkat edilir.) Gruplara sabit hacimde gaz basıncı ile sıcaklığı arasında nasıl bir ilişki olduğunu keşfetmeleri için bir deney tasarlamaları istendiği açıklanır. Öğrencilere bu deneyi çevrimiçi bir simülasyon ile gerçekleştirecekleri ve deneylerini bu doğrultuda tasarlamaları beklendiği belirtilir. (Bu deneyde http://phet.colorado.edu/simulations/ adresinde yer alan *Gaz Özellikleri* başlıklı simülasyonu kullanılacaktır. Deney tasarlama sürecinden önce öğrencilere simülasyona aşinalık kazanmaları açısından simülasyon tahtaya yansıtılarak özellikleri tanıtılır.) Öğrencilerden deney tasarlama sürecinde detaylı açıklamalarda bulunmaları, deney prosedürünü yazmaları, değişkenleri belirlemeleri istenmelidir. (Öğrencilere bağımlı değişken, bağımsız değişken ve sabit değişkenleri belirlerken problem yaşıyorlarsa, bağımlı değişkenin, bağımsız değişkenin ve sabit değişkenin tanımları sorularak ve/veya

Figure D.13. Lesson plans 8 and activity sheets.

tanımları hatırlatılarak öğrencilerin bu değişkenleri belirlemeleri sağlanmalıdır.)

Tüm gruplara tasarladıkları deneyleri anlatmaları için fırsat verildikten sonra, tüm öğrencilerin kararıyla ortak bir deney prosedürü oluşturulur. Öğretmen tahtaya yansıtılmış simülasyonda belirlenen ortak deney prosedürünü uygular ve öğrencilerden gözlemlerini ve verilerini not etmeleri istenir.

(Simülasyon sıcaklık değeri olarak Kelvin birimini kullanmaktadır. Öğrencilere Celcius kullanmış olsalar dahi önce $273° + C° = K°$ eşitliğinden birim çevirmesi yapmaları gerektiği vurgulanmalıdır.)

Öğrencilere etkinlik kâğıtlarında verilen tabloya verileri yazmaları istenir. Öğrenciler verileri kaydettikten sonra onlardan aynı tabloda değişkenler için okunan değerlerin çarpımını (k_1) ve değişkenler için okunan değerlerin bölümünü (k_2) ifade eden iki değeri her bir veri değeri için ayrı ayrı hesaplamaları istenir.

Deneyin gerçekleştirilmesinin ardından öğrencilerden deney verileriyle gaz basıncı-sıcaklık grafiği çizmeleri istenir. (Öğrencilere bağımsız değişkeni x-ekseninde, bağımlı değişkeni y-ekseninde çizmelerinin istendiği belirtilmelidir.)

Öğrencilerin çizimlerini tamamlamalarının ardından, grafik çizimini yorumlayarak *sabit hacimde gazın sıcaklığının değiştirilmesinin gaz basıncını nasıl değiştirdiğinin açıklanması* istenmelidir. Bu aşamada her gruba ayrı ayrı söz vererek nasıl bir sonuç çıkardıklarını paylaşmaları istenmelidir. Ayrıca öğrencilerden bu açıklamalar esnasında *tahminleri ile gözlemleri arasında nasıl bir ilişki olduğunu* da paylaşmaları istenmelidir.

Öğrencilerden sabit hacimde gazın basıncının sıcaklıkla nasıl değiştiğine ilişkin vardıkları sonucu *moleküler seviyede açıklamaları* istenir. Sınıf tartışmasıyla öğrencilerin kendilerinin bir cevaba ulaşmaları sağlanır. Öğretmen bu noktada yönlendirici sorular sormalıdır.

Önce değişen şey nedir? Bunun taneciklere etkisi ne olur?

Sıcaklığı arttırdığımda ne oluyor?

Gaz davranışı bu durumdan nasıl etkileniyor?

Tanecik seviyesinde ne oluyor ki biz sıcaklığın artmasıyla gaz basıncının da arttığını gözlemliyoruz?

Gaz basıncı ne anlama geliyor? Gaz basıncını nasıl tanımlayabiliriz?

Figure D.13. Lesson plans 8 and activity sheets (cont.).

Öğrencilerin açıklamalarının ardından, simülasyon bir kez daha açılarak öğrencilere sıcaklığın artması veya azalması durumunda gaz davranışının nasıl olduğu, bu durumun basınca etkisinin ne olduğu soruları yöneltilir. Öğrencilerden simülasyonda sabit hacimde farklı sıcalıklarda gözlemlemiş oldukları gaz taneciklerinin davranışını tasvir etmeleri istenir.

Sonrasında öğrencilerden hesaplamış *oldukları* k_1 *ve* k_2 *değerlerinden hangisinin tutarlı olduğu* ve *bu tutarlılığın ne anlama geldiği* sorulur. Öğrencilerin tutarlı k değerinin tespit etmesiyle beraber Gay-Lussac yasası için bir denklem yazmaları istenir. (Öğrencilerin zorlanması durumunda 3 adımlı bir denklemleştirme yapılmalıdır. Birinci sıcaklık değeri ile birinci basınç değerinin çarpımının *k* değerine eşitlenmesi, ardından ikinci sıcaklık değeri ile ikinci basınç değerinin *k* değerine eşitlenmesi ve son olarak eşit *k* değerlerinin

$P_1 / T_1 = P_2 / T_2$ eşitliğini vermesi sağlanmalıdır.)

Kapanış 1:

Öğrencilere son olarak *düdüklü tencerelerde ne sebeple tencere kapağındaki pimin kaldırıldığı, şayet düdüklü tencerenin pimini kaldırmazsak ne olacağını düşündüklerini neden-sonuç ilişkisi içerisinde açıklamaları* istenir. Öğrencilerden bu süreçte moleküler seviyeye odaklanmaları ve *gaz davranışının tüm süreç boyunca nasıl olduğunu tasvir etmeleri* istenir. Öğrencilerin cevaplarını bireysel olarak not etmelerinin ardından grup bireyleri arasında görüş alış-verişi yapmaları için süre verilir. Her bir grubun düşüncelerini paylaşması ile de bir sınıf tartışması yürütülür. Öğretmen bu noktada yönlendirici sorular yöneltmelidir.

Suyu ısıtmaya başlayınca ne oluyor?

Gaz davranışı bu durumdan nasıl etkileniyor?

Tencereyi ısıtmaya başlamadan önceki gaz davranışı ile tencereyi ısıtmaya başladıktan sonraki gaz davranışı hakkında ne söyleyebilirsiniz?

Tencere ısıtılmaya başladıktan sonraki gaz davranışı nasıl bir sonuç doğuruyor?

Gaz basıncı ne anlama geliyor? Gaz basıncını nasıl tanımlayabiliriz?

Tencere ısıtılırken bir süre sonra ıslığa benzer bir ses çıkarıyor. Düdüklü tencerenin ne zaman o sesi çıkarttığını düşünüyorsunuz?

Tencere kapağındaki pimin çekilmesi ne anlama geliyor?

Figure D.13. Lesson plans 8 and activity sheets (cont.).

	Tencere kapağındaki pimin kaldırılmasından sonra gaz davranışının nasıl olacağını düşünüyorsunuz? Bu noktada tanecikler arası mesafe ve çarpışma sayısını göz önünde bulundurmanız beklenmektedir. **Kapanış 2:** Öğrencilere *fırınların çalıştırıldıktan sonra ya da fırınlanmış yiyecek fırından alınırken yüzün ve vücudun fırın kapağından uzakta tutularak bu işlemin gerçekleştirilmesi gerektiği ve bunun sebebinin ne olabileceğini neden-sonuç ilişkisi içerisinde açıklamaları* istenir. Öğrencilerden bu süreçte moleküler seviyeye odaklanmaları ve *gaz davranışının tüm süreç boyunca nasıl olduğunu tasvir etmeleri* istenir. Öğrencilerin cevaplarını bireysel olarak not etmelerinin ardından grup bireyleri arasında görüş alış-verişi yapmaları için süre verilir. Her bir grubun düşüncelerini paylaşması ile de bir sınıf tartışması yürütülür. Öğretmen bu noktada yönlendirici sorular yöneltmelidir. *Fırının çalıştırılması ile neyi değiştirmiş oluyoruz?* *Sıcaklık artışı gaz davranışını nasıl etkiliyor? Fırın çalıştırılmadan önce ve fırın çalıştırıldıktan sonraki gaz davranışını tasvir ediniz.* *Fırının kapağını açtığımızda gaz taneciklerinin davranışı ile ilgili ne söyleyebiliriz?* *Fırın kapağının açılmasından önceki ve fırın kapağı açıldıktan sonraki gaz davranışını tasvir ediniz.* *Sizce fırın kapağını açarken kapaktan uzak durularak bu işlemin gerçekleştirilmesinin sebebi ne olabilir?*
Ölçme ve Değerlendirme	Öğrencilerden dersin sonunda, yapılan etkinlikle ilgili bir günlük yazmaları istenir. Öğrencilerden günlüklerini yazarken etkinlikten önceki düşünceleriyle şimdiki düşünceleri arasında farklılık olup olmamasına ve görüşlerinin nasıl değiştiğine odaklanmaları, varsa yeni öğrendiği şeyleri açıklamaları ve ders esnasında zihinlerini karıştıran durumları tartışmaları istenir. Bu günlükler ise toplanarak ölçme/değerlendirme için kullanılır.

Figure D.13. Lesson plans 8 and activity sheets (cont.).

Rumuz: ..... Tarih: .....

Sınıf: .....

Gay-Lussac Yasası

Gay Lussac sabit hacimde gaz sıcaklığı ile gaz basıncı arasındaki ilişkiyi incelemektedir.

a) Sabit hacimde, gaz sıcaklığı değiştirildiğinde gaz basıncına ne olacağını düşünüyorsunuz? Lütfen tahmininizi yazarak kısaca nedenini açıklayınız.

.....

.....

.....

b) Gaz basıncı ile gazın sıcaklığı arasında nasıl bir ilişki olduğunu keşfetmek üzere, çevrimiçi bir simülasyon olan PhET kullanarak bir deney tasarlamanız istenmektedir.
(Note: *http://phet.colorado.edu/simulations/ sayfasına giderek, Kimya alanına tıkladığınızda açılan simülasyonlardan "Gazların özellikleri" başlıklı olan uygulamayı açmalısınız*).

Lütfen deney prosedürünüzü detaylarıyla birlikte yazınız ve sizden istenen değişkenleri belirleyiniz..

.....

.....

.....

.....

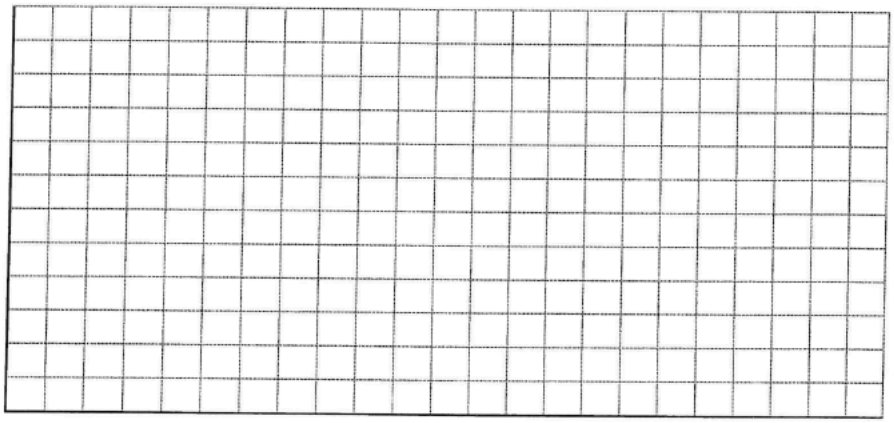
Bağımlı Değişken	Bağımsız Değişken	Sabit Değişken(ler)

c) Öğretmeninizden deney prosedürünüze ilişkin onay aldıktan sonra, lütfen deneyinizi planladığınız biçimde gerçekleştiriniz ve verilerinizi aşağıda tabloya not ederek sizden istenen hesaplamaları yapınız.

Denemeler	Sıcaklık (T)	Basınç (P)	Hesaplayınız $k_1 = (PxT)$	Hesaplayınız $k_2 = \frac{P}{T}$
1				
2				
3				
4				
5				
6				

Figure D.13. Lesson plans 8 and activity sheets (cont.).

d) Verilerinizi kullanarak Sıcaklık-Basınç grafiğini çiziniz. Lütfen uygun ölçeklendirme yaparak, grafiği uygun biçimde isimlendiriniz Verilerinize göre en uygun doğruyu çiziniz.



e) Verilerinizi ve çizdiğiniz grafiği göz önünde bulundurarak, sabit hacimde sıcaklık değişimi gaz basıncını nasıl değiştirmektedir? Lütfen buna ilişkin sonucu yazınız.

.....

.....

.....

f) Tahminleriniz ile sonuçlarınız aynı mı yoksa farklılık mı gösteriyor? Lütfen düşüncelerinizi tartışınız.

.....

.....

.....

g) Lütfen sonuçlarınızı moleküler seviyede açıklayınız. (Gaz taneciklerinin davranışının sıcaklık değişiminden nasıl etkilendiğine açıklamanızda yer vermeniz beklenmektedir.)

.....

.....

.....

.....

h) Hangi değer (k_1 ya da k_2) tutarlılığını korumaktadır? Bu tutarlılık ne anlama gelmektedir? Lütfen açıklayınız.

.....

.....

Figure D.13. Lesson plans 8 and activity sheets (cont.).

i) ***Gay-Lussac Yasası*** için bir denklem oluşturunuz:

j-1) Düdüklü tencereler kapakları sayesinde kapalı bir sistem oluştururlar. Tencere ocaktayken bir süre sonra ıslık/düdük sesi çıkarmaya başlar ve kullanıcılar tencere kapağındaki pimi kaldırırlar.

Tencere kapağındaki pimin kaldırılması hangi sebeple gerçekleştirilmektedir? Tencere kapağındaki pim kaldırılmazsa ne olacağını düşünüyorsunuz? Lütfen *maddenin tanecikli yapısını ve gaz davranışını göz önünde bulundurarak* cevabınızı moleküler seviyede neden-sonuç ilişkisi içerisinde oluşturunuz.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

j-2) Fırınlar çalıştırıldıktan sonra ya da fırınlanmış yiyecekler fırından alınırken, yüzün ve vücudun fırın kapağından uzakta tutularak bu işlemin gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Sizce bu durumun sebebi ne olabilir, fırın kapağına yakın bir şekilde kapağı açarsanız ne olacağını düşünüyorsunuz? Lütfen *maddenin tanecikli yapısını ve gaz davranışını göz önünde bulundurarak* cevabınızı moleküler seviyede neden-sonuç ilişkisi içerisinde oluşturunuz.

.....

.....

.....

.....

.....

Figure D.13. Lesson plans 8 and activity sheets (cont.).

Rumuz: ..... Tarih: .....

Sınıf: .....

Yansıtıcı Öğrenme Günlüğü 8

A. Gay-Lussac yasası ile ilgili gerçekleştirdiğiniz etkinlik öncesindeki düşünceleriniz ile şimdiki düşünceleriniz nasıl farklılaşıyor? Yeni öğrendiğiniz şeyler nelerdir? Ders esnasında aklınızı karıştıran durumlar oldu mu? Lütfen düşüncelerinizin yapılan etkinlik esnasında nasıl değiştiğini açıklayan bir günlük yazınız.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Figure D.13. Lesson plans 8 and activity sheets (cont.).

DERS PLANI 8-Statik Çoklu Gösterimler Grubu

Genel Bilgiler	**Sınıf:** 9. sınıf **Konu:** Gaz yasaları **Ders süresi:** 80 dakika
Kazanımlar	Öğrenciler gazların sabit hacimde sıcaklık-basınç ilişkisini inceler. Öğrenciler gazların sabit hacimde sıcaklık-basınç ilişkisini keşfetmek üzere deney tasarlar. Öğrenciler verilere göre grafik çizimi yapar. Öğrenciler sabit hacimde gazın sıcaklığı değiştiğinde gazın basıncının nasıl değiştiğini kinetik moleküler teori ile açıklar.
Materyaller	İnternet erişimi olan bilgisayar
Ders planı	**Giriş:** Öğrencilere Gay-Lussac yasasının sabit hacimde gaz basıncı ile sıcaklığı arasındaki ilişkiyi incelediği söylenir. (Yasanın ne olduğu bilgisi verilmez.) Etkinlik kâğıtları öğrencilere dağıtılarak, yapılacak etkinlik hakkında bilgi verilir. Öğrencilere Gay-Lussac yasasını bir çevrimiçi deney ile keşfedecekleri belirtilir. **Ders Akışı:** Öğrencilere öncelikle *sıcaklığı değiştirdiklerinde gaz basıncına ne olacağını düşündükleri* sorulur ve tahminlerini etkinlik kağıtlarına not almaları istenir. (Öğrencilerden cevaplarını bireysel olarak not almaları istenir ve grup tartışması yapılmamasına dikkat edilir.) Gruplara sabit hacimde gaz basıncı ile sıcaklığı arasında nasıl bir ilişki olduğunu keşfetmeleri için bir deney tasarlamaları istendiği açıklanır. Öğrencilere bu deneyi çevrimiçi bir deney düzeneği ile gerçekleştirecekleri ve deneylerini bu doğrultuda tasarlamaları beklendiği belirtilir. (Öğrenciler bu deneyde http://www.uccs.edu/vgcl/gas-laws/experiment-3-gay-lussacs-law.html adresinde yer alan online deney düzeneğini kullanacaklardır. Deney tasarlama sürecinden önce öğrencilere simülasyona aşinalık kazanmaları açısından birkaç dakika verilerek vakit geçirmeleri, değişkenlerle oynamaları istenebilir.) Öğrencilerden deney tasarlama sürecinde detaylı açıklamalarda bulunmaları, deney prosedürünü yazmaları, değişkenleri belirlemeleri istenmelidir. (Öğrencilere bağımlı değişken, bağımsız değişken ve sabit değişkenleri belirlerken problem yaşıyorlarsa, bağımlı değişkenin, bağımsız değişkenin ve sabit değişkenin tanımları sorularak ve/veya

Figure D.13. Lesson plans 8 and activity sheets (cont.).

tanımları hatırlatılarak öğrencilerin bu değişkenleri belirlemeleri sağlanmalıdır.)

Tüm gruplara tasarladıklarını deneyleri anlatmaları için fırsat verildikten sonra, tüm öğrencilerin kararıyla ortak bir deney prosedürü oluşturabilir ve gruplara bu prosedürü takip ederek gözlemlerini ve verilerini not etmeleri istenir.

(Simülasyon sıcaklık değeri olarak Celcius kullanmaktadır. Öğrencilerin hesaplamalarını yapmadan önce $273^{\circ} + C^{\circ} = K^{\circ}$ eşitliğinden birim çevirmesi yapmaları gerektiği hatırlatılmalıdır.)

Öğrencilere etkinlik kâğıtlarında verilen tabloya verileri yazmaları istenir. Öğrenciler verileri kaydettikten sonra onlardan aynı tabloda değişkenler için okunan değerlerin çarpımını (k_1) ve değişkenler için okunan değerlerin bölümünü (k_2) ifade eden iki değeri her bir veri değeri için ayrı ayrı hesaplamaları istenir.

Deneyin gerçekleştirilmesinin ardından öğrencilerden deney verileriyle gaz basıncı-hacim grafiği çizmeleri istenir. (Öğrencilere bağımsız değişkeni x-ekseninde, bağımlı değişkeni y-ekseninde çizmelerinin istendiği belirtilmelidir.)

Öğrencilerin çizimlerini tamamlamalarının ardından, grafik çizimini yorumlayarak *sabit hacimde gazın sıcaklığının değiştirilmesinin gaz basıncını nasıl değiştirdiğinin açıklanması* istenmelidir. Bu aşamada her gruba ayrı ayrı söz vererek nasıl bir sonuç çıkardıklarını paylaşmaları istenmelidir. Ayrıca öğrencilerden bu açıklamalar esnasında *tahminleri ile gözlemleri arasında nasıl bir ilişki olduğunu* da paylaşmaları istenmelidir.

Öğrencilerden sabit hacimde gazın basıncının sıcaklıkla nasıl değiştiğine ilişkin vardıkları sonucu *moleküler seviyede açıklamaları* istenir. Sınıf tartışmasıyla öğrencilerin kendilerinin bir cevaba ulaşmaları sağlanır. Öğretmen bu noktada yönlendirici sorular sormalıdır.

Önce değişen şey nedir? Bunun taneciklere etkisi ne olur?

Sıcaklığı arttırdığımda ne oluyor?

Gaz davranışı bu durumdan nasıl etkileniyor?

Tanecik seviyesinde ne oluyor ki biz sıcaklığın artmasıyla gaz basıncının da arttığını gözlemliyoruz?

Gaz basıncı ne anlama geliyor? Gaz basıncını nasıl tanımlayabiliriz?

Figure D.13. Lesson plans 8 and activity sheets (cont.).

Öğrencilerin açıklamalarının ardından, moleküler seviyedeki gaz davranışına ilişkin simülasyon ekran görüntüleri sunulur. Öğrencilerden sabit hacimde, farklı sıcalıklarda gözlemlemiş oldukları gaz taneciklerinin davranışını tasvir etmeleri istenir. Simülasyon ekran görüntüleri Ek1'de verilmiştir.

Sonrasında öğrencilerden hesaplamış *oldukları* k_1 *ve* k_2 *değerlerinden hangisinin tutarlı olduğu* ve *bu tutarlılığın ne anlama geldiği* sorulur. Öğrencilerin tutarlı k değerinin tespit etmesiyle beraber Gay-Lussac yasası için bir denklem yazmaları istenir. (Öğrencilerin zorlanması durumunda 3 adımlı bir denklemleştirme yapılmalıdır. Birinci sıcaklık değeri ile birinci basınç değerinin çarpımının *k* değerine eşitlenmesi, ardından ikinci sıcaklık değeri ile ikinci basınç değerinin *k* değerine eşitlenmesi ve son olarak eşit *k* değerlerinin

$P_1 / T_1 = P_2 / T_2$ eşitliğini eşitliğini vermesi sağlanmalıdır.)

Kapanış 1:

Öğrencilere son olarak *düdüklü tencerelerde ne sebeple tencere kapağındaki pimin kaldırıldığı, şayet düdüklü tencerenin pimini kaldırmazsak ne olacağını düşündüklerini neden-sonuç ilişkisi içerisinde açıklamaları* istenir. Öğrencilerden bu süreçte moleküler seviyeye odaklanmaları ve *gaz davranışının tüm süreç boyunca nasıl olduğunu tasvir etmeleri* istenir. Öğrencilerin cevaplarını bireysel olarak not etmelerinin ardından grup bireyleri arasında görüş alış-verişi yapmaları için süre verilir. Her bir grubun düşüncelerini paylaşması ile de bir sınıf tartışması yürütülür. Öğretmen bu noktada yönlendirici sorular yöneltmelidir.

Suyu ısıtmaya başlayınca ne oluyor?

Gaz davranışı ısıtılma işleminden nasıl etkileniyor?

Tencereyi ısıtmaya başlamadan önceki gaz davranışı ile tencereyi ısıtmaya başladıktan sonraki gaz davranışı hakkında ne söyleyebilirsiniz?Bu noktada gaz fazındaki tanecik sayısı, gaz taneciklerinin hızı ve taneciklerin gerçekleştirdiği çarpışma sayısını güz önünde bulundurmanız beklenmektedir.

Tencere ısıtılmaya başladıktan sonraki gaz davranışındaki değişimler (tanecik sayısı, taneciklerin hızı ve çarpışma sayısı) gaz basıncını nasıl etkiliyor?

Gaz basıncı ne anlama geliyor? Gaz basıncını nasıl tanımlayabiliriz?

Tencere ısıtılırken bir süre sonra ıslığa benzer bir ses çıkarıyor. Düdüklü tencerenin ne zaman o sesi çıkarttığını düşünüyorsunuz?

Figure D.13. Lesson plans 8 and activity sheets (cont.).

	Tencere kapağındaki pimin çekilmesi ne anlama geliyor? *Tencere kapağındaki pimin kaldırılmasından sonra gaz davranışının nasıl olacağını düşünüyorsunuz? Bu noktada tanecikler arası mesafe ve çarpışma sayısını göz önünde bulundurmanız beklenmektedir.* **Kapanış 2:** Öğrencilere *fırınların çalıştırıldıktan sonra ya da fırınlanmış yiyecek fırından alınırken yüzün ve vücudun fırın kapağından uzakta tutularak bu işlemin gerçekleştirilmesi gerektiği ve bunun sebebinin ne olabileceğini neden-sonuç ilişkisi içerisinde açıklamaları* istenir. Öğrencilerden bu süreçte moleküler seviyeye odaklanmaları ve *gaz davranışının tüm süreç boyunca nasıl olduğunu tasvir etmeleri* istenir. Öğrencilerin cevaplarını bireysel olarak not etmelerinin ardından grup bireyleri arasında görüş alış-verişi yapmaları için süre verilir. Her bir grubun düşüncelerini paylaşması ile de bir sınıf tartışması yürütülür. Öğretmen bu noktada yönlendirici sorular yöneltmelidir. *Fırının çalıştırılması ile neyi değiştirmiş oluyoruz?* *Sıcaklık artışı gaz davranışını nasıl etkiliyor? Fırın çalıştırılmadan önce ve fırın çalıştırıldıktan sonraki gaz davranışını tasvir ediniz.* *Fırının kapağını açtığımızda gaz taneciklerinin davranışı ile ilgili ne söyleyebiliriz?* *Fırın kapağının açılmasından önceki ve fırın kapağı açıldıktan sonraki gaz davranışını tasvir ediniz.* *Sizce fırın kapağını açarken kapaktan uzak durularak bu işlemin gerçekleştirilmesinin sebebi ne olabilir?*
Ölçme ve Değerlendirme	Öğrencilerden dersin sonunda, yapılan etkinlikle ilgili bir günlük yazmaları istenir. Öğrencilerden günlüklerini yazarken etkinlikten önceki düşünceleriyle şimdiki düşünceleri arasında farklılık olup olmamasına ve görüşlerinin nasıl değiştiğine odaklanmaları, varsa yeni öğrendiği şeyleri açıklamaları ve ders esnasında zihinlerini karıştıran durumları tartışmaları istenir. Bu günlükler ise toplanarak ölçme/değerlendirme için kullanılır.

Figure D.13. Lesson plans 8 and activity sheets (cont.).

Rumuz: ..... Tarih: .....

Sınıf: .....

Gay-Lussac Yasası

Gay Lussac sabit hacimde gaz sıcaklığı ile gaz basıncı arasındaki ilişkiyi incelemektedir.

a) Sabit hacimde, gaz sıcaklığı değiştirildiğinde gaz basıncına ne olacağını düşünüyorsunuz? Lütfen tahmininizi yazarak kısaca nedenini açıklayınız.

.....

.....

.....

b) Gaz basıncı ile gazın sıcaklığı arasında nasıl bir ilişki olduğunu keşfetmek üzere, çevrimiçi bir deney düzeneğinden yararlanarak deney tasarlamanız istenmektedir.
(Not: http://www.uccs.edu/vgcl/gas-laws/experiment-3-gay-lussacs-law.html *sayfasındaki uygulamayı açmanız gerekmektedir*).

Lütfen deney prosedürünüzü detaylarıyla birlikte yazınız ve sizden istenen değişkenleri belirleyiniz.

.....

.....

.....

.....

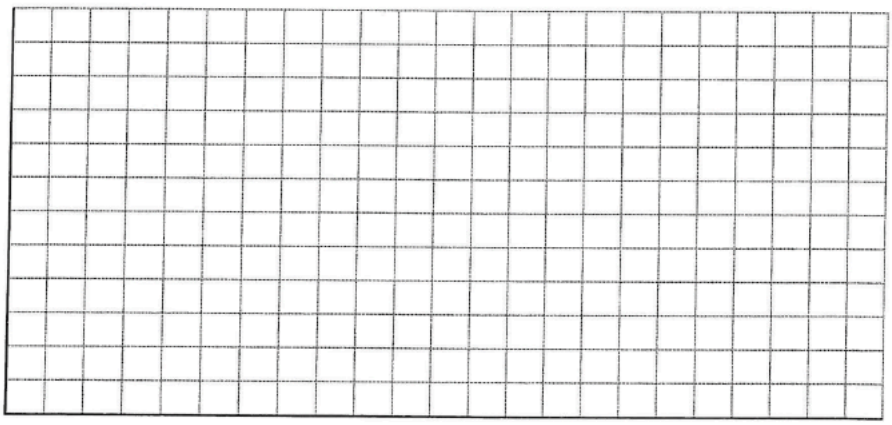
Bağımlı Değişken	Bağımsız Değişken	Sabit Değişken(ler)

c) Öğretmeninizden deney prosedürünüze ilişkin onay aldıktan sonra, lütfen deneyinizi planladığınız biçimde gerçekleştiriniz ve verilerinizi aşağıda tabloya not ederek sizden istenen hesaplamaları yapınız.

Denemeler	Sıcaklık (T)	Basınç (P)	Hesaplayınız $k_1 = (PxT)$	Hesaplayınız $k_2 = \frac{P}{T}$
1				
2				
3				
4				
5				
6				

Figure D.13. Lesson plans 8 and activity sheets (cont.).

d) Verilerinizi kullanarak Sıcaklık-Basınç grafiğini çiziniz. Lütfen uygun ölçeklendirme yaparak, grafiği uygun biçimde isimlendiriniz Verilerinize göre en uygun doğruyu çiziniz.



e) Verilerinizi ve çizdiğiniz grafiği göz önünde bulundurarak, sabit hacimde sıcaklık değişimi gaz basıncını nasıl değiştirmektedir? Lütfen buna ilişkin sonucu yazınız.

.....

.....

.....

f) Tahminleriniz ile sonuçlarınız aynı mı yoksa farklılık mı gösteriyor? Lütfen düşüncelerinizi tartışınız.

.....

.....

.....

g) Lütfen sonuçlarınızı moleküler seviyede açıklayınız. (Gaz taneciklerinin davranışının sıcaklık değişiminden nasıl etkilendiğine açıklamanızda yer vermeniz beklenmektedir.)

.....

.....

.....

.....

h) Hangi değer (k_1 ya da k_2) tutarlılığını korumaktadır? Bu tutarlılık ne anlama gelmektedir? Lütfen açıklayınız.

.....

.....

Figure D.13. Lesson plans 8 and activity sheets (cont.).

i) ***Gay-Lussac Yasası*** için bir denklem oluşturunuz:

j-1) Düdüklü tencereler kapakları sayesinde kapalı bir sistem oluştururlar. Tencere ocaktayken bir süre sonra ıslık/düdük sesi çıkarmaya başlar ve kullanıcılar tencere kapağındaki pimi kaldırırlar.

Tencere kapağındaki pimin kaldırılması hangi sebeple gerçekleştirilmektedir? Tencere kapağındaki pim kaldırılmazsa ne olacağını düşünüyorsunuz? Lütfen *maddenin tanecikli yapısını ve gaz davranışını göz önünde bulundurarak* cevabınızı moleküler seviyede neden-sonuç ilişkisi içerisinde oluşturunuz.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

j-2) Fırınlar çalıştırıldıktan sonra ya da fırınlanmış yiyecekler fırından alınırken, yüzün ve vücudun fırın kapağından uzakta tutularak bu işlemin gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Sizce bu durumun sebebi ne olabilir, fırın kapağına yakın bir şekilde kapağı açarsanız ne olacağını düşünüyorsunuz? Lütfen *maddenin tanecikli yapısını ve gaz davranışını göz önünde bulundurarak* cevabınızı moleküler seviyede neden-sonuç ilişkisi içerisinde oluşturunuz.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Figure D.13. Lesson plans 8 and activity sheets (cont.).

Rumuz: ..... Tarih: .....

Sınıf: .....

Yansıtıcı Öğrenme Günlüğü 8

A. Gay-Lussac yasası ile ilgili gerçekleştirdiğiniz etkinlik öncesindeki düşünceleriniz ile şimdiki düşünceleriniz nasıl farklılaşıyor? Yeni öğrendiğiniz şeyler nelerdir? Ders esnasında aklınızı karıştıran durumlar oldu mu? Lütfen düşüncelerinizin yapılan etkinlik esnasında nasıl değiştiğini açıklayan bir günlük yazınız.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Figure D.13. Lesson plans 8 and activity sheets (cont.).

EK 1 :

Sıcaklık artışı

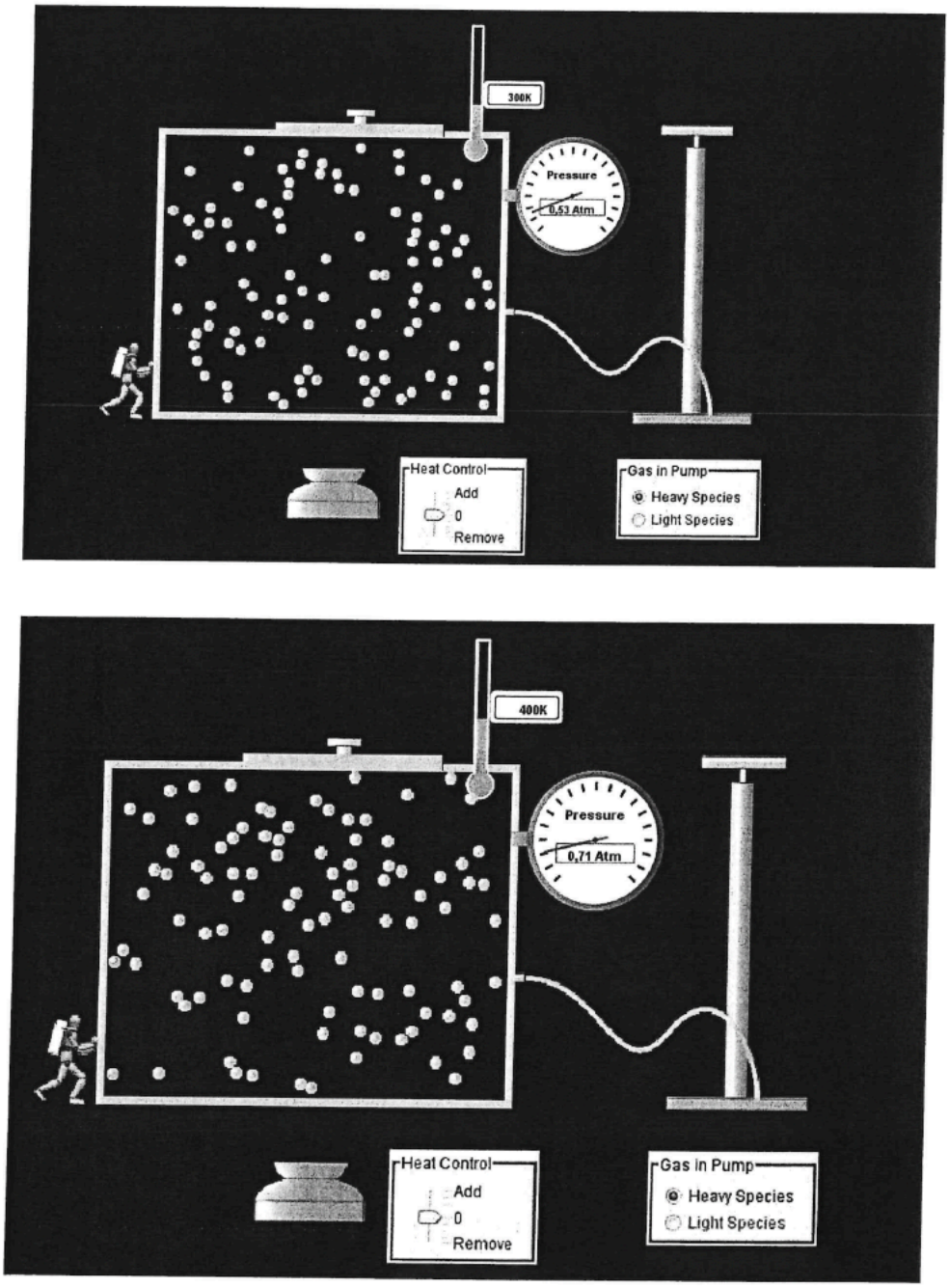
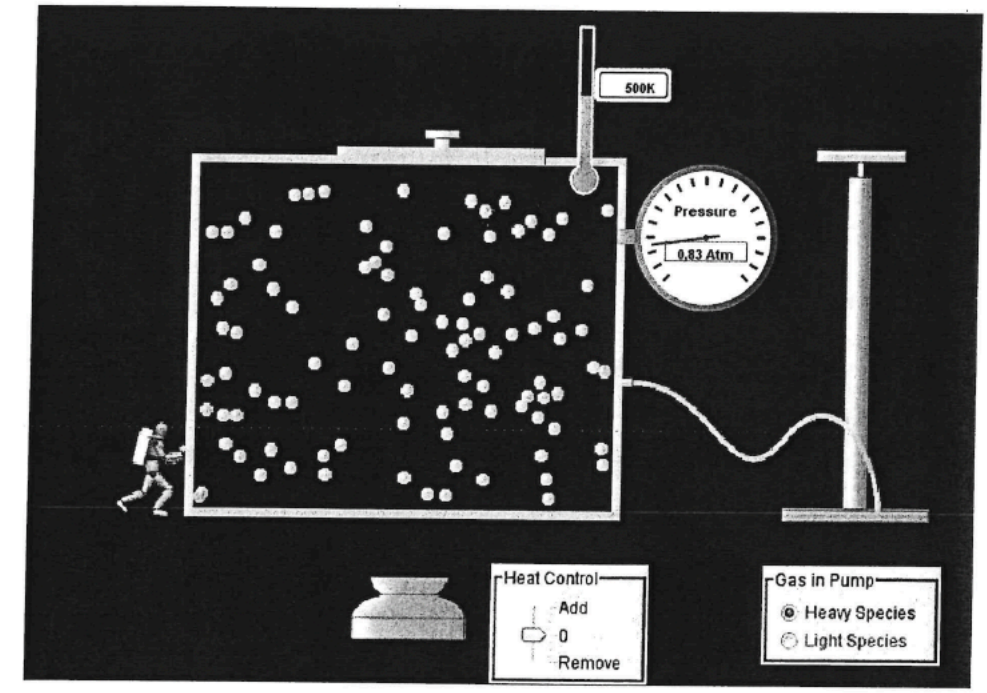


Figure D.14. Static group lesson 8's presentation slides.



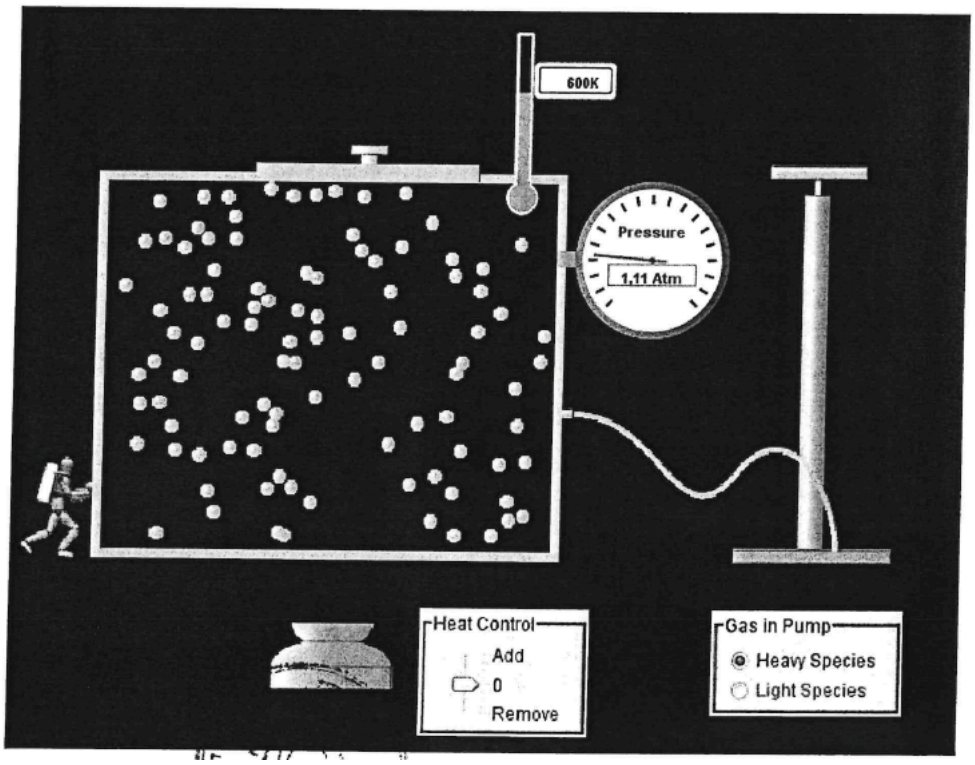


Figure D.14. Static group lesson 8's presentation slides (cont.).

Sıcaklık Azalması

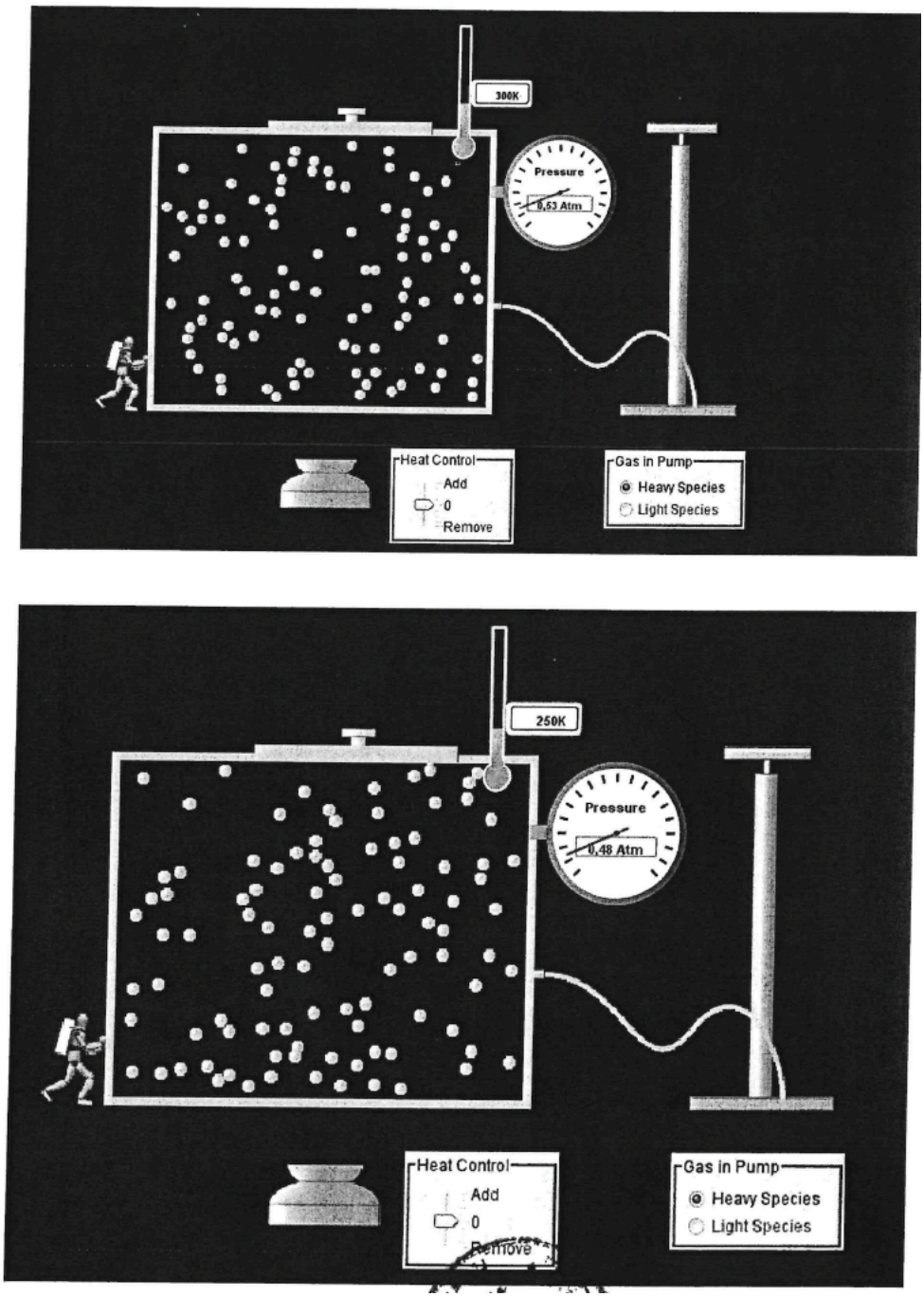
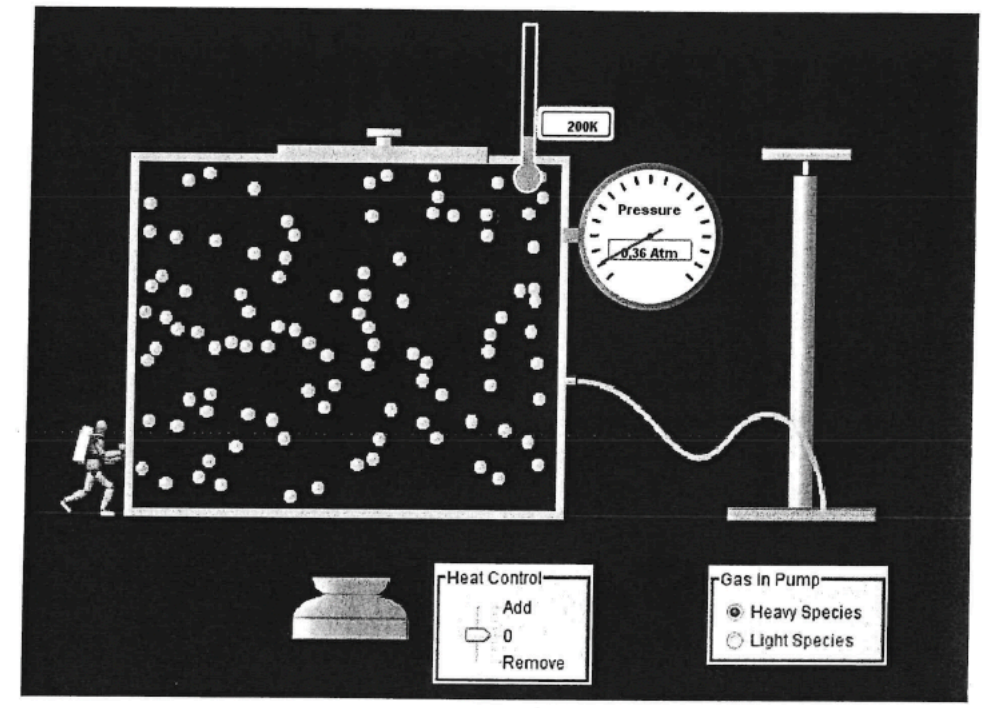


Figure D.14. Static group lesson 8's presentation slides (cont.).



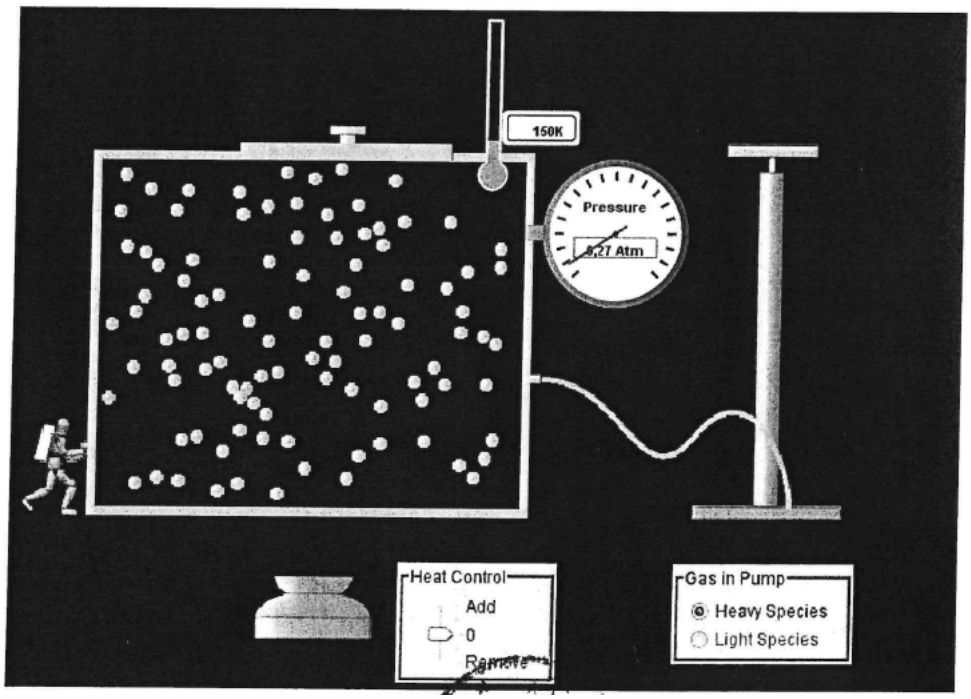


Figure D.14. Static group lesson 8's presentation slides (cont.).